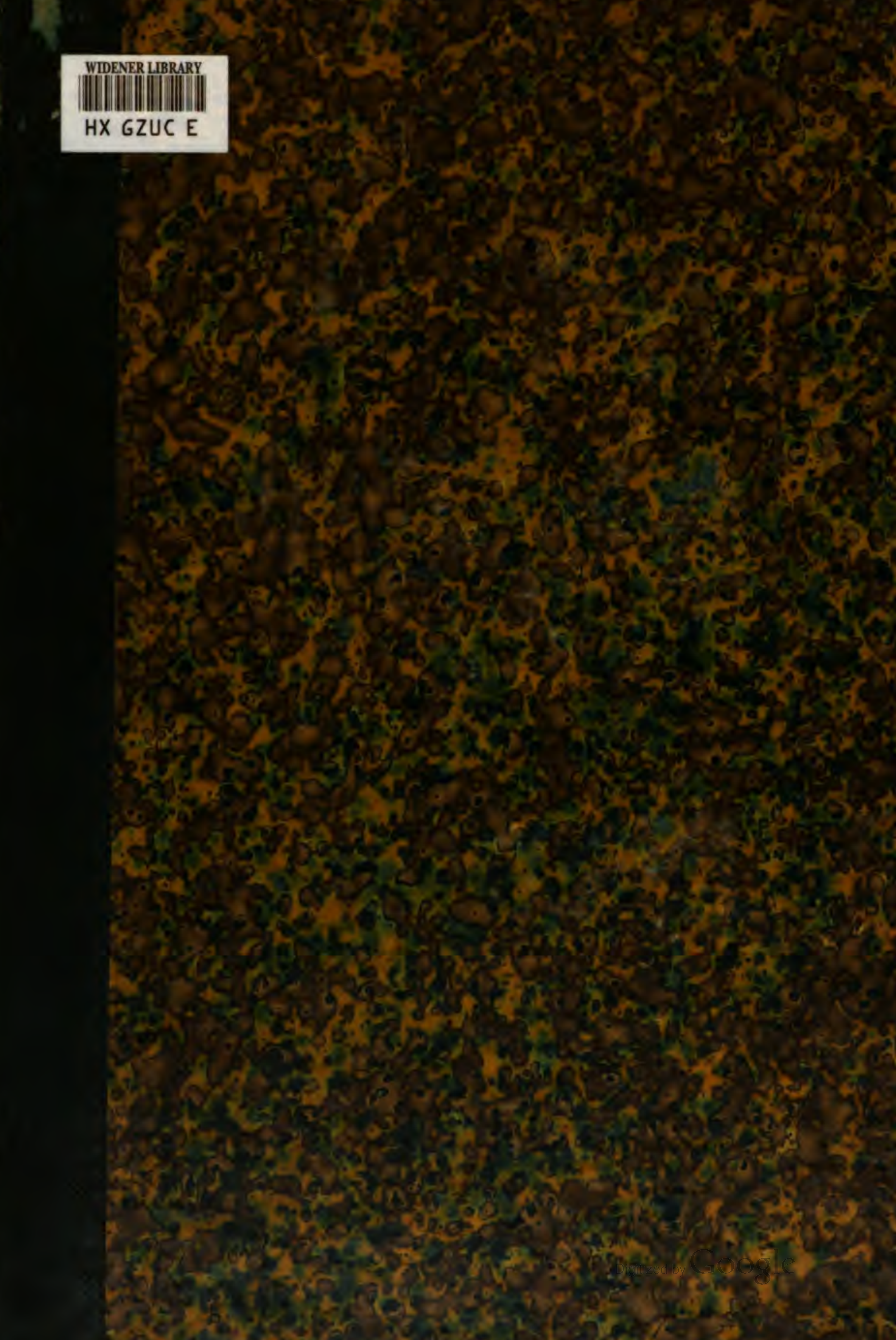
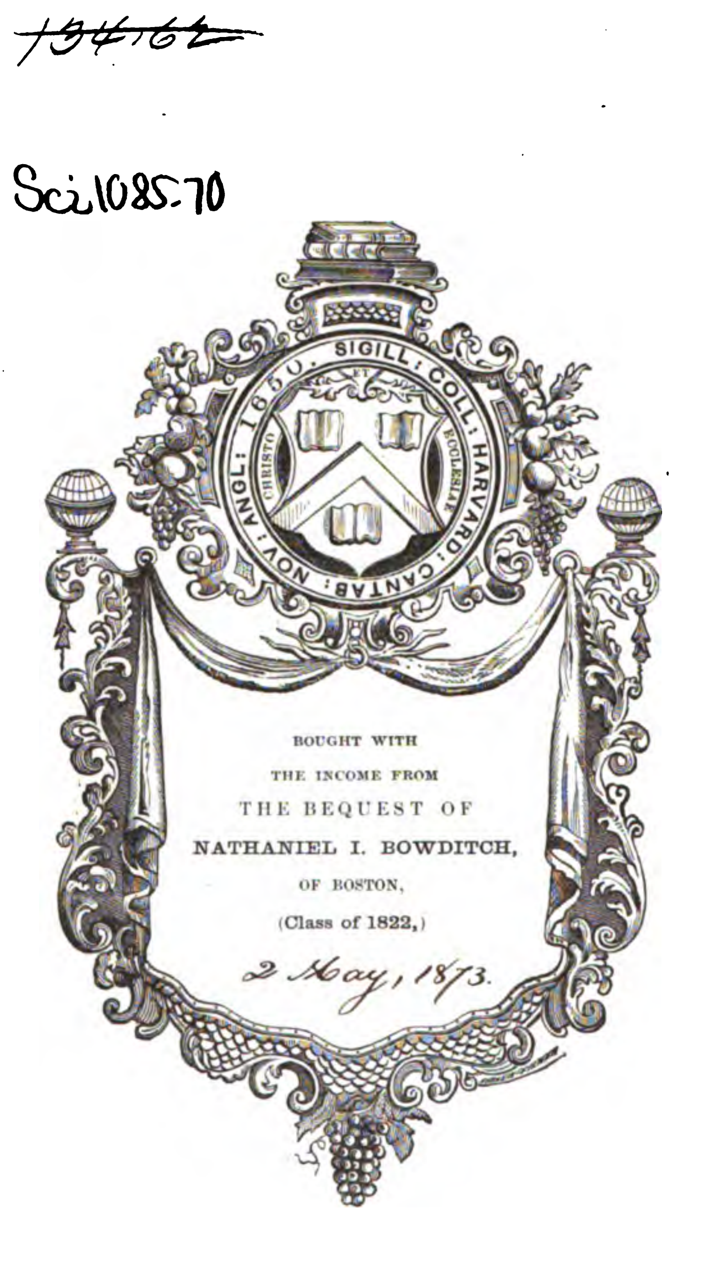

WIDENER LIBRARY
HX GZUC E


SIGILL : COLL : HARVARD : CANTAB : NOV : ANGL : 1650.
CHRISTO ET ECCLESIAE
BOUGHT WITH
THE INCOME FROM
THE BEQUEST OF
NATHANIEL I. BOWDITCH,
OF BOSTON,
(Class of 1822,)
2 May, 1873.

REPERTORIUM

FÜR

EXPERIMENTAL-PHYSIK,

FÜR

PHYSIKALISCHE TECHNIK,

MATHEMATISCHE & ASTRONOMISCHE INSTRUMENTENKUNDE.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. PH. CARL,

PROFESSOR DER PHYSIK AN DEN KGL. BAYER. MILITÄR-BILDUNGS-ANSTALTEN UND INHABER EINER PHYSIKALISCHEN ANSTALT IN MÜNCHEN.

SECHSTER BAND

(DES „REPERTORIUMS FÜR PHYSIKALISCHE TECHNIK &c.")

TEXT.

MÜNCHEN, 1870.

VERLAG VON R. OLDENBOURG.

INHALT.

Seite.

Hülfsmittel zur Registrirung der Lufttemperatur.

Von

Professor v. Lamont.

Hiezu Tafel I, Figur 7 und 8.

Die Registrirung der Lufttemperatur ist für die Meteorologie ein Bedürfniss geworden und man hat dazu verschiedene, mehr oder weniger practische Einrichtungen an den grösseren meteorologischen Anstalten getroffen; indessen ist es in dieser Beziehung noch bei weitem nicht gelungen, Einfachheit und Vollkommenheit in solchem Grade zu erreichen, dass neue Vorschläge als überflüssig erscheinen könnten. Ich habe mich mit diesem Gegenstande wiederholt beschäftigt und erst im verflossenen Frühjahr versuchsweise ein paar neue Einrichtungen in der mechanischen Werkstätte der Sternwarte ausführen lassen, worüber hier ein kurzer Bericht erstattet werden soll.

Als ich vor 30 Jahren die Temperatur der Luft durch mechanische Hülfsmittel aufzuzeichnen anfing, benützte ich dazu die Ausdehnung eines langen, horizontal liegenden Messingdrahtes; ein paar Jahre später setzte ich an die Stelle des horizontalen Drahtes ein senkrecht stehendes Zinkrohr von ungefähr 8 Fuss Länge, $^1/_2$ Zoll äusseren Durchmesser und sehr geringer Metalldicke, was gegenwärtig noch im Gebrauche ist.

Ein Zinkrohr dieser Art zeigt die Temperatur der umgebenden Luft ganz richtig an, gleichwohl kann man die Länge als einen Uebelstand betrachten, einmal schon aus dem Grunde, dass sie bei der ungleichmässigen Verbreitung der Wärme in der Luft eine fortwährende Uebereinstimmung mit einem Quecksilberthermometer nicht erzielen lässt, dann aber insbesondere desshalb, weil sie bei der Aufstellung als unbequem sich erweist; hierdurch fand ich mich veranlasst, die ersten der oben erwähnten neuen Einrichtungen, welche (allerdings nur ganz schematisch) in Fig. 7, Taf. I, dargestellt ist, zu versuchen. *ABCD* ist eine Rahm von ungefähr 1 Fuss im Quadrat, bestehend aus zwei Eisenschienen *AD* und

BC, dann aus zwei Glasröhren *AB* und *CD*; in dieser Rahme befinden sich 6 Zinkröhren 1, 2, 3, 4, 5, 6, von der vorhin angegebenen Beschaffenheit; das Zinkrohr 1 steht oben gegen die Spitze einer Kopfschraube *K* an, und wird unten durch einen kleinen gleicharmigen Hebel *pq*, der seinen Bewegungspunkt in *r* hat, getragen; auf dem Ende *q* dieses Hebels ruht das Zinkrohr 2, so zwar, dass, wenn 1 bei zunehmender Wärme sich ausdehnt, das obere Ende des zweiten Zinkrohrs sich um die Summe der Ausdehnung von 1 und 2 aufwärts bewegen muss. Diese Bewegung trägt der Hebel *sv* auf das Zinkrohr 3 über u. s. w., so kommt es, dass der Stahldraht *nn'*, der im obern Ende des Zinkrohrs 6 befestigt ist und durch die Eisenschiene *AD* frei durchgeht, um die Summe der Ausdehnungen sämmtlicher Zinkröhren gehoben wird. Dieser Stahldraht steht nun an gegen den Hebel *gh*, dessen Bewegungspunct in *m* ist, und der am einen Ende das Gewicht *G*, am andern (in der Figur nicht mehr sichtbaren) Ende die Markirungs-Spitze trägt. Die in der Richtung gegen *E* verlängerte Eisenschiene *AD* ist in dem am Fenster angebrachten Kasten *abcd* inwendig angeschraubt; auf dem Ende desselben steht die Walze, an welcher die Temperatur markirt wird.

Wenn man die Schraube *K* dreht, so bewegt sich die am Ende des Hebels *gh* befindliche Markirungs-Spitze, was zur Richtigstellung der Spitze oder wohl auch zur Prüfung der Genauigkeit und Feinheit der Bewegung benützt werden kann.

Diese Vorrichtung scheint gegen die meisten Metallthermometer nicht unerhebliche Vortheile darzubieten; über die bei längerem Gebrauche und im Winter etwa eintretenden practischen Schwierigkeiten wird das gegenwärtig an der Sternwarte aufgestellte Modell eine Entscheidung liefern.

Weit mehr Vertrauen setzen wir übrigens auf eine zweite Vorrichtung, wovon die Scizze Fig. 8, Taf. I, eine allgemeine Vorstellung geben wird. Ein Glasrohr *abcdef*, schlangenförmig gekrümmt, mit einem äusseren Durchmesser von 4—5 Linien und geringer Wanddicke, am Ende *a* zugeschmolzen, am andern Ende von *f* bis *g* dünn ausgezogen, ist von *a* bis *e* mit Weingeist, von *e* bis *g* mit Quecksilber gefüllt, und das offene Ende *g* ist eingetaucht in eine fingerhutförmige mit Quecksilber gefüllte Glaskapsel *K*. Das gekrümmte Glasrohr ist eingekittet in ein Messingrohr *rr'*, welches festgehalten wird in der eisernen Rahme *ABCD*: die Glaskapsel wird von dem mit einer Messerschneide

versehenen frei beweglichen Waagbalken *MN* in Ringen getragen; das anfängliche Gleichgewicht dieser Waage wird regulirt mittelst des Laufgewichtes *P*, auch ist senkrecht über der Messerschneide ein verschiebbares Gewicht *p* angebracht, um die Empfindlichkeit der Waage zu reguliren. Dehnt sich der Weingeist bei zunehmender Temperatur aus, so fliesst eine der Ausdehnung gleiche Quecksilbermenge in die Glaskapsel und bringt eine Vermehrung des Gewichtes hervor, was eine entsprechende Bewegung des Waagbalkens zur Folge hat. Die Wirkung der Temperatur wird also hier gewogen, und wenn man an dem Ende *N* des Waagbalkens in der gewöhnlichen Weise eine Markirungsvorrichtung und ein senkrecht stehende Walze anbringt, so lassen sich die Aenderungen der Temperatur verzeichnen; zur Aufstellung der Walze bietet die Rahme *ABCD*, welche inwendig in dem Fensterkasten *hikl* angeschraubt ist, die erforderlichen Bedingungen dar.

Ein sehr wesentlicher Punct ist noch zu berücksichtigen, nämlich der Widerstand, welchen die in das Quecksilber eingetauchte Glasspitze *fg* der Beweglichkeit des Waagbalkens entgegenstellt, und dessen schädlichen Einfluss man in ähnlichen Fällen sonst durch leises Klopfen an das Gestelle der Waage zu beseitigen pflegt. Im gegenwärtigen Falle könnte man sehr leicht dieses Mittel anwenden, denn wenn man die Uhr, welche die Markirung vornimmt, an die Rahme *ABCD* befestigen wollte, so würden die Pendelschwingungen eine zitternde Bewegung hervorbringen, die zur fortwährenden Herstellung der Gleichgewichtslage ausreichend wäre; ich ziehe indessen eine andere Einrichtung vor, welche ich seit 20 Jahren an meinem registrirenden Barometer erprobt habe, und die darin besteht, dass an dem Waagbalken bei *n* ein ganz kleines Gewicht *s* mittelst eines Coconfadens angehängt, dann darunter ein Hebel *uv* angebracht wird, in solcher Weise mit dem Uhrwerke verbunden, dass er das Gewicht *s* $^1/_2$ Minute vor der Markirungszeit ein wenig in die Höhe hebt, dann nach der Markirung wieder frei lässt; die kleine Oscillation, welche so vor der Markirung entsteht, hört schnell auf und der Waagbalken kommt immer auf demselben Wege zur Ruhe. Nähere Angaben über die zweckmässige Verbindung des Hebels mit dem Uhrwerke halte ich für überflüssig, da bereits in einer früheren Publication (Beschreibung der an der Münchener Sternwarte verwendeten neuen Instrumente und Apparate) darüber eine umständliche Mittheilung enthalten ist.

Eine Thermometervorrichtung dieser Art, jedoch ohne Markirungs-Apparat, ist seit mehr als sechs Monaten an der Sternwarte aufgestellt und scheint allen practischen Erfordernissen vollkommen zu genügen.

Zum Schlusse kann ich bei dieser Gelegenheit noch ein Thermometer erwähnen, welches zur Registrirung gebraucht werden könnte; es ist diess ein vorne offenes Quecksilberthermometer mit einer weiten Röhre, woran als Quecksilberbehälter anstatt der Kugel ein langes in der obigen Weise schlangenförmig gebogenes Rohr angeschmolzen ist. Ich habe ein solches Thermometer herstellen lassen, mit folgenden Dimensionen: Weite der Röhre $1^1/_5$ Pariser Linien, innerer Durchmesser des angeschmolzenen Rohrs 3 Linien und Länge $6^1/_2$ Fuss; an Empfindlichkeit kam es den gewöhnlich zur Messung der Lufttemperatur gebrauchten Thermometern gleich und durch Anwendung eines Stahl- oder Glasschwimmers oder auch eines Adhäsions-Schwimmers wie bei meinem registrirenden Barometer liesse sich eine genaue Registrirung zu Stande bringen. Einen Adhäsions-Schwimmer habe ich auch versuchsweise angewendet, aber nicht ganz practisch gefunden, insoferne als leicht ein Abreissen vorkommt; practischer würde es vielleicht sein, einen Glas-Schwimmer anzuwenden, der durch ein kleines Gewicht (in ähnlicher Weise angebracht wie das Gewicht *s* in der vorigen Figur) über das Quecksilber und in einiger Entfernung davon gehalten und unmittelbar vor jeder Markirung durch Emporheben des Gewichtes auf das Quecksilber herabgelassen wird, eine Einrichtung, welche auch für Registrirungs-Barometer, da wo gewöhnliche Schwimmer gebraucht werden, zu empfehlen sein möchte. Vorläufig hat der von mir ausgeführte Versuch wohl kein anderes Resultat, als zu zeigen, dass man bei Thermometern starkes Kaliber und Empfindlichkeit ganz gut vereinbaren kann.

Billigster Apparat, um Thermometer und Barometer zu registriren.

Von

Professor **Zech.**

Hiezu Tafel II, Figur 4—6.

Es ist zu wünschen, dass die Registrirung der meteorologischen Data in immer ausgedehnterem Masse stattfinde, weil ein mechanisches Geschäft auch durch Maschinen ausgeführt werden soll und weil es nur zu häufig vorkommt, dass ein Beobachter abgehalten ist, zur richtigen Zeit zu beobachten. Ausserdem erhält man mit den Registrirapparaten viel mehr tägliche Beobachtungen und damit den Gang der Aenderung der Instrumente, was in vielen Fällen sehr erwünscht, in manchen durchaus nothwendig zu wissen ist. Einer grossen Verbreitung stand jedoch bisher der hohe Preis der registrirenden Instrumente entgegen. Der Apparat, den ich in Folgendem beschreiben will, und der zur Aufzeichnung der Temperatur dient, lässt sich von Jedem, der an Ausführung der einfachsten Arbeiten eines Mechanikers gewöhnt ist, um den Preis von vielleicht 8 fl. herstellen. Eine sorgfältigere Ausführung, wie sie z. B. Mechanicus Seeger hier macht, kommt auf etwa 20 fl.

Ich benütze eine Schwarzwälder Uhr mit Schlagwerk, wie sie zu dem Preis von 6 fl. zu haben ist, als registrirende Maschine. Sie geht etwa 30 Stunden lang, wobei das Gewicht des Gehwerks etwa 6 Fuss sich senkt. Es versteht sich von selbst, dass, wenn ein grösserer Fallraum zu Gebot steht, durch Verlängerung der Kette ein längerer Gang erhalten wird. Aus dem Werke wird das Rad des Schlagwerks, welches die Zahl der stündlichen Schläge regulirt, herausgenommen, ebenso die Stahlfeder in Form einer Spirale, welche als tönender Körper dient. Der Hebel, welcher gegen diese Feder schlägt, um sie zum Tönen zu bringen, wird so umgebogen, dass er, wenn das Schlagwerk in Gang kommt, zur Seitenwand der Uhr, die vorerst weggenommen sei, langsam hervortritt, um rasch wieder zurückzugehen. Die Figur 4, Taf. II, zeigt die innere Rückwand der Uhr mit angedeuteter

Seitenwand AB. Um die Axe C dreht sich der Hebel, der gegen die Feder schlägt, Anfangs langsam im Sinne des Pfeiles, dann rasch zurück, um die Feder zum Tönen zu bringen. Dieser Hebel wird in die Form DE umgebogen, so dass er in der Ruhelage dicht an der Seitenwand anliegt. Wird nun die Seitenwand in eine Thüre verwandelt, welche sich öffnen kann, für gewöhnlich aber durch eine Feder angedrückt wird, so wird, wenn die Uhr schlägt, das Stück E des gebogenen Hebels die Thüre langsam öffnen und bei seinem raschen Zurückgehen wird die Feder die Thüre wieder schliessen. Bei jedem Auslösen des Schlagwerks, also alle Stunden oder alle halben Stunden erfolgt nur einmal eine Hebelbewegung, weil das oben bezeichnete Rad aus dem Schlagwerk entfernt ist.

Die übrige Einrichtung ergibt sich aus dem Grundriss. Figur 5. Die Uhr wird auf ein Brett gesetzt, welches nach hinten und auf der Seite der sich öffnenden Thüre über den Boden der Uhr vorragt. AB ist die Thüre, welche durch den Druck des inneren Hebels bei A geöffnet wird und sich um die verticale Axe B dreht: zurückgeführt wird sie durch die Feder C. Das aus der Uhr genommene Rad des Schlagwerks wird an den Boden eines hölzernen Cylinders befestigt, der sich um einen auf dem Brett senkrechten Stift drehen kann. Die schwache Feder E vorn mit dreieckigem Ansatz ist an der Thüre befestigt und greift beim Oeffnen über einen Zahn des gezahnten Rads, während eine Sperrfeder F das Rückwärtsgehen des Cylinders hindert: beim Schliessen der Thüre nimmt sie den Cylinder mit. Da das Rad nicht sehr sorgfältig getheilt ist, so ist es räthlich, die Sperrfeder auf einen Zahn wirken zu lassen, der möglichst nahe an demjenigen liegt, welchen die Feder E fasst. Das Rad hat 78 Zähne, braucht also bei stündlicher Registrirung über 3 Tage zu einer Umdrehung. Um den Holzcylinder sammt Rad nicht wegnehmen zu müssen, wird ein Hut von Carton mit Tuch überzogen, über ihn gestülpt, er hat ein Loch im Boden, welches genau in einen Stift K passt, der in der obern Fläche des Holzcylinders steckt. So kann man den Hut leicht abnehmen, frisch mit Papier überziehen und genau wieder in die gleiche Lage bringen.

Als Thermometer wird eine Zinkröhre oder auch ein langer durch ein Gewicht gespannter Messingdraht benützt, welche am obern Ende fest sind und mit dem untern auf das Ende A des Hebels (Figur 6) einwirken. Dieser Hebel besteht aus einer Messingrolle, an welche

die zwei starken Eisendrähte BB angelöthet sind: wo sich beide vereinigen (bei C), ist eine dünne Stahllamelle angelöthet, welche vorn bei D die registrirende Spitze trägt. Der Theil bis CA befindet sich ausserhalb des Fensters, wo auch der Zinkstab oder der Draht aufgehängt ist, bei C dringt der um die äussere feste Axe E drehbare Hebel durch den Fensterrahmen, so dass die Spitze bei mittlerer Temperatur in der halben Höhe des Registrircylinders, zwischen der Thüre und dem Cylinder sich befindet. (Figur 5). Länge der Spitze, Oeffnung der Thüre und Lage des Cylinders sind passend zu wählen, damit die Spitze richtig arbeitet. Das Zurückführen der Spitze geschieht durch die Feder CD (Figur 6), welche bei der Registrirung durch den vertikalen Stift G (Figur 5) aufgehalten und gebogen wird, und nach dem Zurückgehen der Thüre in Folge ihrer eigenen Elasticität nachfolgt.

Es ist klar, dass man in ganz ähnlicher Weise die Angaben des Barometers registriren kann. Man wird zu diesem Zweck ein Heberbarometer mit Schwimmer verwenden, wie dies z. B. im ersten Band dieses Repertoriums pag. 293 beschrieben ist. Ich kann aber nicht umhin, noch darauf aufmerksam zu machen, dass in dem Mechanismus der Schwarzwälder Uhr auch noch ein Mittel liegt, um kurz vor dem Registriren des Barometers die Quecksilbersäule etwas zu erschüttern. Dazu dient die Warnung der Uhr vor dem Schlagen: es dreht sich hiebei ein Rad des Schlagwerks, welches seitlich einen Stift trägt, einmal um. Dieser Stift kann benützt werden, um beim Vorübergehen einen horizontalen Hebel niederzudrücken, welcher am andern Ende einen dünnen Draht trägt, durch dessen Hebung ein kleiner Hammer von leichtem Holz, der um eine feste Achse unter dem Brett drehbar ist, und für gewöhnlich am offenen Ende des Barometers anliegt, von der Röhre abgehoben wird, um sogleich wieder zurückzufallen und an die Röhre anzuschlagen.

Jede Uhr mit Schlagwerk enthält — das wollte ich in dieser Notiz klar machen — alle Mechanismen, die zum Registriren nothwendig sind: die Uhren sind die wohlfeilsten Mechanismen bei gleicher Güte, weil sie in grösster Zahl verfertigt werden, und unter den Uhren sind die Schwarzwälder wieder die wohlfeilsten. Also müssen sie auch die wohlfeilsten Registrirapparate ermöglichen.

Stuttgart, im November 1869.

Mittheilungen über einfache Vorlesungsversuche.

Von

E. Mach.

Hiezu Tafel I Figur 1—6.

1. Die phoronomische Wellenmaschine. (Figur 1). Mein Laborant F. Hujek machte zufällig die sehr nahe liegende Bemerkung, dass man eine recht hübsche fortschreitende Transversalwelle erhält, wenn man eine Reihe von pendelartig aufgehängten Bleistücken taktmässig nacheinander anstösst. Ich veranlasste ihn, dieses mir sehr fruchtbar erscheinende Princip zur Construction einer Wellenmaschine zu verwenden. Dieselbe kam mit Hülfe einiger Angaben von meiner Seite und von Seite meines Assistenten Herrn Cl. Neumann zu Stande und zeichnet sich in der That durch die Schönheit und Einfachheit der damit anzustellenden Experimente aus.

Zwei durchbrochene Füsse *ab* werden durch die Leisten *cd* und *ef* in fester Verbindung gehalten. Die Leiste *cd* trägt an ihrer untern Seite 21 um verticale Axen drehbare Klötzchen, deren jedes mit zwei Ringelchen versehen ist, an welchem eine Bleikugel doppelt aufgehängt wird. Die verticale Schwingungsebene dieser Bleikugeln kann je nach Bedürfniss durch Drehung der Klötzchen parallel zu *cd*, senkrecht zu *cd* oder auch schief gestellt werden. Die Leiste *ef* trägt zwei Querhölzchen *lm*, und einen an der obern Seite mit einer Rinne versehenen abnehmbaren Schieber *r*. An den Füssen *ab* sind zu bemerken die Vorsprünge *pq*. An den hinteren Theilen der Füsse *ab* kann eine Leiste befestigt werden, die mit einer Rinne versehen ist, welche für die ausziehbare Leiste *ik* als Führung dient. An der Maschine hängt noch eine Leiste *st* mit seitlich eingekeilten Blechstückchen und neben derselben liegt eine Leiste *no* mit einem wellenförmig gebogenen Blechstreifen.

Mit der Maschine in ihrer jetzigen Form lassen sich nun folgende Wellenformen zur Anschauung bringen:

a. Die fortschreitende Transversalwelle. Man legt, nachdem die Schwingungsebene senkrecht auf *cd* gestellt ist, die Kugeln hinter die Leiste *ik* und zieht dieselbe gleichmässig heraus, wodurch aber die Kugeln nacheinander ausgelöst, alle dieselbe Schwingung ausführen, aber immer eine später als die andere.

b. Die stehende Transversalwelle. Man verwendet hiezu das Stück *no*, setzt es mit den Füsschen *no* auf die Querhölzchen *lm* der Leiste *ef* und bringt die Kugeln theils auf die eine, theils auf die andere Seite des Blechstreifens. Schiebt man nun das Stück *no* etwas zur Seite, so fällt es herab und lässt plötzlich alle Kugeln frei.

c. Die fortschreitende Longitudinalwelle. Die Schwingungsebene wird parallel zu *cd* gestellt und der Schieber *r* wird an der Leiste *ef* gleichmässig hingeschoben. Hiebei nimmt er jede Kugel ein Stück mit und alle machen wieder die gleiche Schwingung, nur eine nach der andern. Das Fortschreiten der Verdichtungen und Verdünnungen, sowie die übrigen Eigenschaften der Longitudinalwelle zeigen sich hiebei sehr auffallend.

d. Die stehende Longitudinalwelle. Die Leiste *st* wird auf die Vorsprünge *pq* gelegt und die Kugeln erhalten durch die Blechstückchen die grössten Excursionen, welche ihnen in einer stehenden Longitudinalwelle zukommen. Zieht man die Leiste *st* zurück, so werden alle Kugeln gleichzeitig ausgelöst.

2. Der Einfluss der Axendrehung der Erde auf die Bewegung der Flüsse, Winde etc. lässt sich durch folgendes einfache Experiment anschaulich machen. Ein berusster Papier- oder Blechkegel (Figur 2) wird auf dem Teller einer gewöhnlichen Centrifugalmaschine befestigt, über dem Scheitel des Kegels aber ein Trichter angebracht. Giesst man durch den Trichter etwas Wasser, während der Apparat in Rotation ist, so wird der Russ in schönen regelmässigen Spiralen weggewaschen.

3. Den Unterschied zwischen gesättigten und nicht gesättigten Dämpfen zeige ich auf folgende Weise. Zwei Barometerröhren *a*, *b* (Fig. 3) sind in ein Eisenstück *c* eingekittet. Letzteres enthält eine mit zwei Hähnen *d*, *e* verschliessbare Bohrung, die beide Röhren verbindet. Die Röhre *b* trägt noch ein verschiebbares Schälchen *f* für Eis. Die Doppelröhre wird nun wie eine gewöhnliche Toricellische Röhre gefüllt und unter die eine Oeffnung luftfreier Aether

gebracht. Sofort erhält man in der Doppelröhre Aetherdampf, dessen Spannkraft wegen des Eisschälchens blos dem Maximum von 0° entspricht; ausserdem zeigt sich eine flüssige Aetherschicht auf der Seite des Eisschälchens. Schliesst man nun beide Hähne, so hat man in *a* nicht gesättigten Dampf, dessen Dichte dem Maximum bei 0° entspricht, in *b* aber gesättigten Dampf. Beim Einsenken und Ausziehen der Doppelröhre aus Quecksilber sieht man nun den Unterschied, indem der Dampf in *a* sich wie ein Gas, jener in *b* wie ein leerer Raum verhält.

4. Die Anhäufung der Electricität an der Oberfläche der Leiter wird durch Apparate nachgewiesen, die sich durch einfachere ersetzen lassen. Der abgeschnittene Hals *a* Fig. 4 eines Kolbens wird in den durchbohrten Boden eines Becherglases *b* eingekittet. Der Boden des Kolbens ist bei *c* durchbohrt. Daselbst wird ein Metallknöpfchen mit einem Goldblättchenpaar eingelegt, und ein Glasröhrchen *d* aufgekittet. Soweit hat man an dem Apparat ein empfindliches Electroscop. Es wirkt noch als solches, wenn man das Becherglas *b* mit Wasser vollgiesst. Setzt man aber ein Metallhütchen auf (im Durchschnitt bei *e* dargestellt), welches die Goldblättchen mit dem Wasser in leitende Verbindung setzt, so gehören nun die Goldblättchen dem Innern eines leitenden Körpers an. Man kann nun lange Funken in das Wasser überschlagen lassen und dieselben wieder herausziehen, ohne dass das Goldblättchen auch nur eine Spur Electricität anzeigt. Man hat so zu sagen den Faraday'schen Würfel, nur ist derselbe durchsichtig und man hat nicht nöthig hineinzusteigen.

Mit diesem Apparat kann man noch einige andere Experimente anstellen, die zwar nahe liegen, aber dennoch von den meisten Lehrbüchern bei Exposition dieses Gegenstandes ignorirt werden. Man kann z. B. die Electricität sofort in's Innere auf die Goldblättchen ziehen, wenn man bei *a* einen abgeleiteten oder entgegengesetzt geladenen Leiter einführt. Es ist dies der Fall der Leidner-Flasche. Durch gleichartige Electricität kann man zwar keine Electricität von der Oberfläche eines Körpers in's Innere treiben, wohl aber lässt sich Electricität durch ungleichartige von der Oberfläche in's Innere ziehen. Nur bei der letzteren Bewegung nämlich kann eine Vermehrung des Potentials eintreten.

5. Den Einfluss der Oberflächenform auf die electrische Vertheilung demonstrirt man leicht mit den Apparaten Fig. 5. Man stellt aus mit Staniol überzogener Pappe ein Prisma von rauten-

förmigem Querschnitt und ohne Basis, also mit veränderlichen Flächenwinkeln, her. Dasselbe trägt an der einen Kante ein Hollunderkugelpaar, an zwei anderen Kanten isolirende Griffe (p). Auch die Hälfte eines solchen Prisma's genügt (q) um zu zeigen, dass die Divergenz der Pendelchen sich vergrössert, wenn der Flächenwinkel an denselben sich verkleinert, und dass die Pendelchen ganz zusammenfallen, wenn man den Winkel statt convex concav werden lässt. In r und s ist ein umstülpbares Prisma ohne Basis dargestellt, welches bei a und d mit isolirenden Griffen versehen ist. Die Pendelchen zeigen keine Divergenz, wenn sie an der Innenseite hängen. Diese Experimente gelingen viel besser als die bekannten mit dem Faraday'schen Sack. Es ist übrigens zu bemerken, dass das Faraday'sche Experiment so wie die angeführten nur zeigen, dass an hohlen Oberflächenstücken weniger Electricität zu finden ist als an convexen, nicht aber, dass im Innern eines leitenden Körpers keine Electricität sich befindet, wofür das Sackexperiment gewöhnlich angeführt wird.

6. Die Vertheilung des electrischen Stromes in einer leitenden Ebene kann direct sichtbar gemacht werden. Wenn a und b die Electroden an den Durchmesserenden einer leitenden Kreisscheibe Fig. 6 bedeuten, so sind die Potentialniveaus nach Kirchhoff Kreise, die den Durchmesser ab harmonisch theilen, die Stromcurven Kreise, welche durch die Puncte a und b gehen, also auf den Potentialniveaus durchaus senkrecht sind und die Curven gleicher Stromintensität sind Lemniscaten. Die letzteren lassen sich nun sichtbar machen. An den Stellen gleicher Stromstärke wird in gleichen Zeiten gleich viel Wärme und eine gleiche Temperatur entwickelt. Den Curven gleicher Stromstärke entsprechen isothermische Curven.

Man zieht ein sehr dünnes Silberblatt (wie es zum Versilbern gebraucht wird) mittelst Gummi auf eine Hartkautschukplatte. Die Goldblättchen für Electroscope sind zu diesem Versuche zu rissig und die Glasplatten, welche man statt der Kautschukplatten nehmen könnte, springen zu leicht bei der Durchleitung des Stromes. Nachdem das Silberblatt kreisförmig zugeschnitten ist, versieht man es an zwei Durchmesserenden mit Pölsterchen von Staniol (um das Abbrennen des Silbers bei Durchleitung des Stromes zu verhindern) und setzt auf dieselben Klemmen sehr fest auf. Dann wird weisses Wachs in Aether gelöst und das Blättchen wie eine photographische Glastafel rasch und gleichförmig übergossen. Das Wachs erstarrt sehr schnell und bildet

einen sehr zarten gleichen Ueberzug, wie man ihn auf andere Weise nicht erhalten würde.

Wird nun ein recht kräftiger Strom durch das Plättchen geleitet, so stellen sich in 1—$1^1/_2$ Secunden, auch früher, die Abschmelzungscurven des Wachses als Lemniscaten dar. Man kann natürlich in so kurzer Zeit von den Wärmeverlusten an die Umgebung absehen. Man sieht meist sogar mehrere Curven, indem das Wachs bei geringerer Temperatur bloss durchsichtig wird, bei höherer aber in Tröpfchen zusammenfliesst.

Die Curven, welche Rollet durch den Entladungsschlag der Leidner-Flasche an Blut erzeugt hat, sind nicht so deutlich. Die Versuche können auch nicht in so grossem Massstabe (Scheiben bis 8^{cm} Durchmesser) ausgeführt werden wie die hier beschriebenen und sind für den Physiker nicht so bequem. Auch ist die Wirkung der Leidner-Flasche theoretisch eine andere wie jene des Stromes.

Ich habe bei dieser Gelegenheit noch einen andern Versuch ausgeführt, den ich kurz erwähnen will. Die Scheibe Fig. 6 wurde zwischen die Pole eines sehr kräftig erregten Plücker'schen Electromagnets gebracht. Es zeigte sich keine nachweisbare Ablenkung der Stromfäden. Auch mit einem feinen Multiplicator konnte keine Verschiebung der isoelectrischen Linien bei Erregung des Magnetes nachgewiesen werden. Es zeigt sich also hiebei, dass die electrodynamische Anziehung nicht durch die gegeneinander bewegten Fluida, sondern durch die Wirkung der durchströmten Leiter hervorgebracht wird.

Ich habe später gefunden, dass schon von Feilitsch auf der Naturforscherversammlung zu Carlsruhe (1849) ein ähnliches Experiment in weniger entscheidender Form producirt und denselben Schluss daraus gezogen hat.

7. Die Markus'sche Thermosäule kann, wie ich gefunden habe, mit Vortheil zur Anstellung des Peltier'schen Versuches angewendet werden. Man leitet den Strom von einigen Bunsen'schen Elementen hindurch und kann schon nach einigen Secunden mit der Hand fühlen, wie die eine Reihe der Berührungsstellen heiss, die andere kühl wird. Eine Störung scheinen die Messingschrauben zu verursachen. Sie werden überall warm und würden demnach mit Vortheil für diesen Versuch weggelassen. Ich habe auch versucht, durch die so erregte Säule einen kleinen Motor aus einer astatischen Nadel zu bewegen, was jedoch noch nicht zur Zufriedenheit gelungen ist.

Ueber das portable Electrometer von Thomson.

Von

Dr. E. Gerland.

In dem III. Bande dieses Repertoriums, der 1867 erschienen ist, sowie in dem Report of the British Association von demselben Jahre haben die Herren Dellmann und Sir W. Thomson ein von letzterem construirtes und „Portable Electrometer" genanntes Electrometer beschrieben, welches zur Messung der atmosphärischen Electricität bestimmt ist und an Zweckmässigkeit allen anderen bis dahin zu diesem Zwecke construirten Apparaten mindestens gleichkommt. Beide Forscher aber kommen zu dem Resultate, dass für ein jedes solches Instrument Correctionstabellen aufgestellt werden müssten, da wegen der wenig ausgedehnten Dimensionen derselben, die durch die Forderung der leichten Transportirbarkeit beschränkt sind, die zu messenden Electricitätsmengen nicht genau proportional den beobachteten Veränderungen in der Entfernung der beiden Platten sind. Sie sprechen sich nicht genauer darüber aus, wie man diese Tabellen erhalten könnte. Herr Dellmann deutet an, dass dies mit der Zink-Wasser-Kupfer-Kette thunlich sei, doch wäre dies nur gerechtfertigt, wenn man von der hierzu ausreichenden Constanz dieser Kette überzeugt sein dürfte. Das kann man aber bis zu dem Grade, den die Empfindlichkeit des Instrumentes vorschreibt, wohl nicht, und könnte man es auch, so scheint es doch jedenfalls bequemer hierzu ein anderes Electrometer zu benutzen; das Sinuselectrometer dürfte die nöthigen Eigenschaften haben.

Im Folgenden soll das Resultat einer solchen Vergleichung zweier derartiger Instrumente vorgeführt werden. Das Electrometer von Thomson ist Nro. 20 von Thomson und Jenkin's Patent aus der Werkstatt von Elliot Bro[s] in London und befindet sich im Besitze des physikalischen Cabinets der Leidener Universität; ebenso das be-

nutzte Kohlrauch'sche Sinuselectrometer, ein älteres von Schubart in Marburg verfertigtes Instrument dieser Art.

Herr Thomson hat gezeigt, dass, wenn der Abstand der Platten im Verhältnisse zu ihrer Grösse klein genug wäre und die Vertheilung der Electricität auf den Platten für die verschiedenen Stellungen der oberen dieselbe bliebe, die Ablesungen am Instrumente den demselben mitgetheilten Electricitätsmengen direct proportional wären. Beide Voraussetzungen sind aber nur nahezu verwirklicht, namentlich wird die Aenderung in der elektrischen Vertheilung einen merklichen Einfluss auf die Resultate ausüben. Die Abmessungen des Electrometers sind von Thomson so gewählt, dass die Proportionalität des Zuwachses oder der Abnahme der Entfernung beider Platten mit der sie bewirkenden Electricitätsmenge mit genügender Genauigkeit verwirklicht wird. Ist also e die zu messende Electricitätsmenge, ϱ die Aenderung der Entfernung der beiden Platten, so wäre

$$e = a\varrho$$

Dabei wäre jedoch der Einfluss der veränderten Vertheilung noch unberücksichtigt gelassen, der doch bewirkt, dass die Scala nicht in allen Puncten electrisch gleichwerthig erscheint. Da sich der Mittelpunct der oberen Platte senkrecht über dem quadratischen Ende des Wagbalkens befindet,[1] so erschien die über die Art dieser Ungleichheit zu machende Annahme am einfachsten den Factor a als eine geradlinige Function der Entfernung beider Platten anzusehen. Wäre dieselbe R, beim Erhalten der Nullablesung Dellmanns, der „earth-reading“ Thomson's, wie beide die Ablesung bei geladener unterer, ungeladener, oder richtiger nur durch Influenz mit ungleichnamiger Electricität geladener oberer Platte, während die ungleichnamige zur Erde abgeleitet ist, so wäre demnach

$$a = \alpha + \beta\ (R \pm \varrho)$$
$$e = [\alpha + \beta\ (R \pm \varrho)]\, \varrho$$

oder wenn man e als in Einheiten des Sinuselectrometers gemessen annimmt

$$\sqrt{\sin\varphi} = [\alpha' + \beta'\ (R \pm \varrho)]\ \varrho$$

wobei φ den Ausschlagswinkel des Sinuselectrometers bei Mittheilung

1) Dies ist nicht der Fall bei dem Electrometer, dessen Abbildung Thomson a. a. O. giebt, wohl aber bei dem, das Dollmann beschrieben hat, und bei dem des Leidner Cabinets.



der gleich grossen Electricitätsmenge, die die Entfernung R auf $R \pm \varrho$ bringt, ist.

Die Richtigkeit dieser Formel musste nun einer Prüfung unterworfen werden. Wie beim Sinuselectrometer die Verhältnisszahlen, welche gestatten, Ablesungen bei einem grösseren Winkel zu machen, wie bei demjenigen, welchen Streifen und Magnet bilden, wenn bei ungeladenem Instrumente der Index auf 0 steht, andere werden, je nachdem es mit dem Körper, dessen Potentialfunction gemessen werden soll, in leitender Verbindung bleibt oder isolirt wird, so werden voraussichtlich auch hier die Werthe von α und β andere, wenn Sinuselectrometer und portable Electrometer in Verbindung bleiben oder wenn diese vor jeder Beobachtung unterbrochen wird. Auf beide Art habe ich deshalb vergleichende Versuche angestellt.

Um auf die erste Art zu beobachten, wurden durch einen Draht beide Electrometer in Verbindung gesetzt und an ihnen alternirend abgelesen. Je zwei am Sinuselectrometer erhaltene auf einander folgende Beobachtungen wurden dann mit der dazwischen liegenden am Thomson'schen beobachteten Zahl combinirt, indem der zu der letzteren gehörige Werth von $\sin\varphi$ berechnet wurde nach der Formel

$$\sin\varphi_0 = \frac{\sin\varphi_z + 3\sin\varphi_{z^1}}{3 + \dfrac{\sin\varphi_{z^1}}{\sin\varphi_z}}$$

die sich gerade so ergiebt, wie die von Riess[1]) für die Torsionswage aufgestellte, wenn φ_z und φ_{z^1} die Ablesungen am Sinuselectrometer, die um z Zeiteinheiten auseinander liegen, φ_0 · die Ablesung, die man zur Zeit $\frac{z + z^1}{2}$ erhalten hätte, bedeuten. Da beim Sinuselectrometer die Beziehung besteht

$$\frac{e^2}{e_1^2} = \frac{\sin\varphi}{\sin\varphi_1},$$

zwischen den einzelnen Beobachtungen aber nahezu gleiche Zeit verfloss, so ist diese Formel anzuwenden. Vor und nach einer Anzahl von Beobachtungen wurde eine Erdablesung gemacht und nur solche beibehalten, bei denen die Grösse derselben unverändert geblieben war.

In folgender Tabelle sind die erhaltenen Resultate zusammengestellt. Spalte 1 giebt die jedesmalige Erdablesung r, Spalte 2 die

---

1) Riess, Lehre von der Reibungselectricität I. p. 131.

beobachtete Vergrösserung oder Verkleinerung derselben nach mitgetheilter Ladung, Spalte 3 die sich hieraus ergebende Entfernung der beiden Platten

$$L = r \pm \varrho + 5{,}32$$

wo 5,32 die Entfernung beider Platten, wenn die Scala auf Null steht, gibt, r, ϱ und L in Einheiten der Scala, (sehr nahe halben Millimetern) ausgedrückt. Spalte 4 enthält den Werth $\sqrt{\sin \varphi_0}$, wie er sich aus den beobachteten φ_z und φ_{z_1} berechnete, Spalte 5 den Werth

$$a\varrho = [0{,}18404 + 0{,}00067\ (r \pm \varrho + 5{,}32)]\ \varrho$$

wo die Werthe $\alpha = 0{,}18404$ und $\beta = 0{,}00067$ eingesetzt sind. In Spalte 6 ist dann der Werth

$$f = \sqrt{\sin \varphi_0} - a\varrho$$

eingetragen, in Spalte 7 endlich der Werth von f in Procenten des beobachteten Werthes von $\sqrt{\sin \varphi_0}$ ausgedrückt.

Tabelle I.

r	$\pm \varrho$	$L = r \pm \varrho + 5{,}32$	$\sqrt{\sin \varphi_0}$ beob.	$a\varrho = (0{,}18404 + 0{,}00067 L)\varrho$	$f = \sqrt{\sin \varphi_0} - a\varrho$	f in Procenten von $\sqrt{\sin \varphi_0}$
6,870	— 3,951	8,239	0,7470	0,7489	— 0,0019	0,3
8,112	— 5,029	8,403	0,9550	0,9538	+ 0,0012	0,1
6,870	— 3,763	8,427	0,7225	0,7138	+ 0,0087	1,2
6,870	+ 0,510	12,700	0,0995	0,0982	+ 0,0013	1,3
13,472	— 4,919	13,873	0,9549	0,9510	+ 0,0039	0,4
13,472	— 4,829	13 963	0,9247	0,9339	— 0,0092	1,0
13,472	— 4,620	14,182	0,9028	0,8941	+ 0,0087	0,9
13,472	— 4,534	14,258	0,8778	0,8777	+ 0,0001	0,0
13,472	— 4,390	14,402	0,8493	0,8503	— 0,0010	0,1
13,472	— 4,220	14,572	0,8248	0,8178	+ 0,0070	0,9
13,472	— 4,095	14,697	0,7933	0,7940	— 0,0007	0,0
13,472	— 3,956	14,836	0,7770	0,7674	+ 0,0096	1,2
13,472	— 3,766	15,026	0,7373	0,7310	+ 0,0063	0,9
13,472	— 3,571	15,221	0,7039	0,6936	+ 0,0103	1,4
13,472	— 3,401	15,391	0,6559	0,6610	— 0,0051	0,8
13,472	— 3,250	15,542	0,6293	0,6320	— 0,0027	0,4
13,472	— 3,113	15,679	0,6014	0,6056	— 0,0042	0,7
13,472	— 2,868	15,924	0,5541	0,5584	— 0,0043	0,8
13,472	— 2,648	16,144	0,5160	0,5160	± 0,0000	0,0
13,472	— 2,436	16,356	0,4737	0,4750	— 0,0013	0,3
13,472	— 2,252	16,540	0,4394	0,4394	± 0,0000	0,0
13,472	— 2,005	16,787	0,3941	0,3915	+ 0,0026	0,7
13,472	— 1,796	16,996	0,3483	0,3510	— 0,0027	0,8
13,472	— 1,344	17,448	0,2597	0,2631	+ 0,0034	1,3

r	$\pm\varrho$	$L = r\pm\varrho+5{,}62$	$\sqrt{\sin\varphi_0}$ beob.	$\alpha\varrho=(0{,}18404 + 0{,}00067L)\varrho$	$f=\sqrt{\sin\varphi_0} - \alpha\varrho$	f in Procenten von $\sqrt{\sin\varphi_0}$
13,472	— 1,079	17,713	0,2102	0,2114	— 0,0012	0,5
13,472	— 0,880	17,912	0,1739	0,1725	+ 0,0014	0,8
8,080	+ 4,664	18,064	0,9093	0,9148	— 0,0055	0,6
13,472	— 0,410	18,382	0,0800	0,0805	— 0,0005	1,2
17,188	— 3,339	19,169	0,6623	0,6574	+ 0,0049	0,7
17,188	— 2,939	19,569	0,5763	0,5794	— 0,0031	0,5
17,188	— 2,821	19,687	0,5559	0,5563	— 0,0004	0,1
17,188	— 2,647	19,861	0,5224	0,5224	± 0,0000	0,0
17,188	— 2,426	20,082	0,4826	0,4791	+ 0,0035	0,7
17,188	— 2,294	20,214	0,4465	0,4532	— 0,0067	1,5
17,188	— 2,061	20,447	0,4041	0,4075	— 0,0014	0,8

Die Grösse von f überschreitet nicht 6,5 % des Werthes von $\sqrt{\sin\varphi_0}$. Die Formel

$$\sqrt{\sin\varphi_0} = [0{,}18404 + 0{,}00067\ (r \pm \varrho + 5{,}32)]\ \varrho$$

gibt also die Electricitätsmenge in der Einheit des Sinuselectrometers und es ist dadurch möglich für diesen Fall der Vertheilung die einzelnen Puncte der Scala durch Rechnung electrisch gleichwerthig zu machen.

Dasselbe zeigt sich auch für den Fall, wo nach der gemeinschaftlichen Ladung die Verbindung zwischen beiden Instrumenten unterbrochen wurde. Während sie miteinander verbunden waren, wurden sie hierzu eingestellt, dann der Verbindungsdraht aus dem „Portable Electrometer“ isolirt abgehoben, beide Instrumente wieder eingestellt und dann abgelesen. Die Grössen, um die sich die Einstellung in Folge der nun geänderten Vertheilung änderte, waren so klein, dass in beiden Instrumenten die Einstellungen in so kurzer Zeit erfolgen konnten, dass die an beiden Electrometern beobachteten Werthe als gleichzeitige anzusehen sind. Die Resultate dieser Messungen, wobei der Index des Sinuselectrometers wieder auf 0 gestellt blieb, der Winkel zwischen Streifchen und Magnet also wieder etwa 5^0 betrug, enthält folgende Tabelle, die genau wie die vorige eingerichtet und erhalten ist.

r	$\pm\varphi$	$L = r \pm \varrho + 5{,}32$	$\sqrt{\sin\varphi_0}$ beob.	$\alpha\varrho = (0{,}18683 + 0{,}00067 L)\varrho$	$f = \sqrt{\sin\varphi_0} - \alpha\varrho$	f in Procenten von $\sqrt{\sin\varphi_0}$
11,267	— 4,737	11,850	0,9244	0,9108	+ 0,0136	1,4
10,547	— 3,743	12,134	0,7225	0,7201	+ 0,0024	0,3
11,267	— 4,448	12,139	0,8552	0,8559	— 0,0007	0,1
11,267	— 4,139	12,448	0,7947	0,7970	— 0,0023	0,3
11,267	— 3,783	12,804	0,7360	0,7290	+ 0,0070	0,9
11,267	— 3,380	13,207	0,6585	0,6520	+ 0,0065	1,0
11,267	— 2,934	13,653	0,5706	0,5666	+ 0,0040	0,7
11,267	— 1,383	15,204	0,2728	0,2681	+ 0,0047	1,7
17,285	— 4,949	17,656	0,9604	0,9648	— 0,0044	0,4
17,285	— 4,745	17,860	0,9187	0,9253	— 0,0066	0,7
17,285	— 4,192	18,413	0,8159	0,8186	— 0,0027	0,3
17,285	— 3,866	18,739	0,7573	0,7557	+ 0,0016	0,2
11,330	+ 2,196	18,846	0,4335	0,4293	+ 0,0042	0,9
11,330	+ 2,368	19,018	0,4713	0,4631	+ 0,0082	1,7
17,285	— 3,582	19,023	0,7010	0,7006	+ 0,0004	0,0
11,330	+ 2,512	19,162	0,4981	0,4915	+ 0,0066	1,3
11,330	+ 2,550	19,200	0,5043	0,4989	+ 0,0054	1,1
17,285	— 3,337	19,268	0,6460	0,6531	— 0,0071	1,1
11,330	+ 2,763	19,413	0,5463	0,5409	+ 0,0054	1,0
11,330	+ 2,808	19,458	0,5529	0,5498	+ 0,0031	0,5
11,330	+ 2,993	19,643	0,5945	0,5862	+ 0,0083	1,4
17,285	— 2,948	19,657	0,5770	0,5774	— 0,0004	0,1
11,330	+ 3,277	19,927	0,6415	0,6423	— 0,0008	0,1
11,330	+ 3,515	20,165	0,6937	0,6893	+ 0,0044	0,6
11,330	+ 3,793	20,443	0,7447	0,7443	+ 0,0004	0,0
19,761	— 4,437	20,644	0,8724	0,8711	+ 0,0013	0,1
17,250	— 1,825	20,745	0,3524	0,3584	— 0,0060	1,7
11,330	+ 4,104	20,745	0,7958	0,8059	— 0,0101	1,2
19,761	— 4,205	20,876	0,8289	0,8260	+ 0,0049	0,3
11,330	+ 4,251	20,901	0,8286	0,8351	— 0,0065	0,8
11,330	+ 4,426	21,076	0,8587	0,8698	— 0,0111	1,3
11,330	+ 4,588	21,238	0,8954	0,9019	— 0,0065	0,7
11,330	+ 4,786	21,436	0,9364	0,9413	— 0,0049	0,5
19,761	— 3,609	21,472	0,7128	0,7099	+ 0,0029	0,4
19,761	— 3,478	21,603	0,6749	0,6844	— 0,0095	1,4
19,761	— 3,337	21,744	0,6506	0,6569	— 0,0063	1,0
19,761	— 3,304	21,777	0,6427	0,6504	— 0,0077	1,2
19,761	— 2,925	22,156	0,5715	0,5763	— 0,0048	0,8
19,761	— 2,907	22,174	0,5652	0,5728	— 0,0076	1,3
19,761	— 1,951	23,130	0,3807	0,3853	— 0,0046	1,1
19,761	— 1,335	23,746	0,2619	0,2640	— 0,0021	0,8
19,761	— 0,899	24,182	0,1772	0,1780	— 0,0008	0,5
21,523	+ 1,826	28,669	0,3652	0,3652	± 0,0000	0,0
21,523	+ 2,110	28,953	0,4208	0,4223	— 0,0015	0,3

r	$\pm\varrho$	$L = r \pm \varrho + 5{,}32$	$\sqrt{\sin\varphi_0}$ beob.	$\alpha\varrho = (0{,}18683 + 0{,}00067L)\varrho$	$f = \sqrt{\sin\varphi^0} - \alpha\varrho$	f in Procenten von $\sqrt{\sin\varphi_0}$
21,523	+ 2,360	29,203	0,4704	0,4726	— 0,0022	0,5
21,523	+ 2,550	29,393	0,5148	0,5109	+ 0,0039	0,8
21,523	+ 2,785	29,628	0,5628	0,5582	+ 0,0046	0,8
21,523	+ 3,028	29,871	0,6094	0,6073	+ 0,0021	0,3
21,523	+ 3,301	30,144	0,6617	0,6625	— 0,0008	0,1
21,523	+ 3,564	30,407	0,7264	0,7157	+ 0,0107	1,4
21,523	+ 3,944	30,787	0,8062	0,7927	+ 0,0135	1,7
21,523	+ 4,230	31,073	0,8460	0,8507	— 0,0047	0,5
21,523	+ 4,601	31,444	0,9289	0,9262	+ 0,0027	0,3
21,523	+ 4,813	31,656	0,9774	0,9693	+ 0,0081	0,8

Auch bei dieser Art der Ablesung werden also die Werthe von $\sqrt{\sin\varphi_0}$ durch die Formel

$$\sqrt{\sin\varphi_0} = [0{,}18683 + 0{,}00046\,(r \pm \varrho + 5{,}32)]\,\varrho$$

so genau wiedergegeben, dass der Fehler 1,7 % nicht überschreitet. Dabei ist es einerlei, ob die beiden Platten mit gleichnamiger oder ungleichnamiger, ob die untere mit positiver oder negativer Electricität geladen und demzufolge ϱ positiv oder negativ wird. Der kleine Fehler, der bei der ersten Art zu beobachten dadurch entstehen muss, dass bei der Beobachtung von ϱ das Sinuselectrometer nicht genau eingestellt ist und so eine etwas andere Vertheilung stattfinden muss, als vorhanden wäre, wenn man beide Electrometer gleichzeitig abläse, ist unbemerkbar.

Für beide Arten zu beobachten sind also Correctionsfactoren zu berechnen, die die Werthe der Ablesungen vergleichbar machen, indem man den gefundenen Werth, dem die Einheit des Sinuselectrometers zu Grunde liegt, auf eine sich aus der Construction des Portable Electrometer ergebende Einheit berechnet. Dazu ist die Electricitätsmenge, der $r = 0$ und $\varrho + 1$ entspricht, geeignet. Ist dieselbe e_1, so erhält man für die erste Beobachtungsart

$$e_1 = 0{,}18404 + 0{,}00067 \,.\, 6{,}32 = 0{,}18827$$

und für die zweite

$$e_1 = 0{,}18683 + 0{,}00046 \,.\, 6{,}32 = 0{,}18974.$$

Setzt man nun diese Electricitätsmengen = 1, so müssten die beiden Formeln für $\sqrt{\sin\varphi}$ durch 0,18827, bezw. durch 0,18974 dividirt werden und es kommt

$$e = [0{,}97753 + 0{,}00356\ (r \pm \varrho + 5{,}32)]\ \varrho$$
$$e = [0{,}98466 + 0{,}00243\ (r \pm \varrho + 5{,}32)]\ \varrho$$

nach welchen Formeln die Scala auszuwerthen ist. Die dabei zu Grunde gelegte Einheit ist demnach diejenige Electricitätsmenge, welche bei dem tiefsten Stande der oberen Platte und ohne dass der untern Ladung mitgetheilt ist, die obere Platte um einen Theilstrich zu heben fordert, wenn der Draht wieder einspielen soll.

Auch als der Index des Sinuselectrometers auf 20° stand, der Magnet und das Streifchen also einen Winkel von etwa 25° bildeten, habe ich eine Reihe Versuche angestellt, wobei ich jedoch grössere Electricitätsmengen anwandte. Sie liessen sich durch eine zwischen die angeführten fallende Formel

$$e = [0{,}97766 + 0{,}00271\ (R \pm \varrho + 5{,}32)]\ \varrho.$$

berechnen. Da indessen durch die Zahlen selbst neue Einblicke nicht gewonnen werden, so theile ich sie nicht mit.

Sucht man nun in derselben Weise die Correctionsformel, nachdem man den Draht zum Auffangen der atmosphärischen Electricität aufgesetzt hat, vor jeder Beobachtung den Verbindungsdraht zum Sinuselectrometer abhebt, und vorwiegend geringe Ladungen anwendet, so ist man im Stande messende Beobachtungen der Luftelectricität anzustellen, deren Genauigkeit nicht sehr weit hinter der durch die festen Instrumente dieser Art erhaltenen zurückstehen wird.

Den grössten der zu befürchtenden Fehler, der aus der verschiedenen Vertheilung der Electricität bei verschiedenen Entfernungen der Platten entsteht, hat man alsdann vermieden. Den zweiten derselben, der durch Ausgleichung der auf beiden Platten angehäuften Electricitätsmengen über das Glas hin entstehen kann, muss man, wie bei den vorgeführten Versuchen auch geschehen, dadurch möglichst einschränken, dass man möglichst viele Erdablesungen macht und nur Beobachtungen zwischen solchen, die ganz gleich bleiben, beibehält. Herr Thomson hält es zwar, im Falle die Erdablesungen vor und nach den Beobachtungen nicht gleich bleiben, für zulässig, dass der Beobachter den wahrscheinlichsten Werth der Erdablesung, welche einer zwischen zwei sich als verschieden ergebenden Erdablesungen liegenden Beobachtung zukommt, abschätzt; ich habe dies versucht, aber dadurch nie befriedigende Resultate gefunden, so dass ich, wie erwähnt, zur Aufstellung der Tabellen nur die Beobachtungen benutzen zu dürfen glaubte,

die zwischen genau gleichen Erdablesungen lagen. Bei dem in Leiden befindlichen Instrumente liess sich aber eine Entladung über die Glaswand oder durch die noch nicht ganz trockne Luft hin sehr gut vermeiden, wenn man einestheils die Luft sehr trocken hielt durch nicht zu seltenes Ausgleichen des Bimssteins im Platinatiegel und Erneuerung der Schwefelsäure, wonach natürlich so lange gewartet werden musste, bis die Erdablesung wieder constant war, sodann dadurch dass der Draht auch in der Zwischenzeit immer einspielend gehalten wurde, während die obere Platte abgeleitet war, Vorsichtsmaassregeln, die Herr Thomson für den Gebrauch aller Instrumente dieser Art vorschreibt. In diesem Falle halten sich die Electricitäten auf beiden Platten vollständig das Gleichgewicht, sich also gegenseitig auf denselben, vorausgesetzt, dass sie sich nicht ausgleichen können. Auch während des Transportes kann dies nahgenug realisirt werden, wenn man entweder den Draht einspielen lässt und wenn nöthig von Zeit zu Zeit wieder einstellt, oder wohl noch besser, wenn man durch geringes Senken der obern Platte den Hebel der Torsion des Platinadrahtes soweit folgen lässt, dass er an das obere Hemmungsstiftchen anstösst, während die obere Platte fortwährend zur Erde abgeleitet ist. Dann aber muss man vor jeder Beobachtung sich vergewissern, ob die Ladung constant bleibt, oder durch Einwirkung einer etwaigen Ladung des Glases ändert.

Ausser diesen Fehlerquellen liegt noch eine dritte beachtenswerthe im Wechsel der Temperatur. Der Einfluss derselben ist übrigens bei verschiedenen Instrumenten ebenso verschieden, als in seiner Wirkungsart räthselhaft. Herr Thomson hat ihn auf die Erdablesung bei zwei verschiedenen Instrumenten im entgegengesetzten Sinne statthabend gefunden; bei dem Leidner-Instrument war ein Einfluss der warmen Hand, den Herr Thomson oft sehr bemerklich fand, nicht zu beobachten. Als das Electrometer mit der Erdablesung 24,839 lange genug in einem kalten Zimmer von + 8,5° C. gestanden hatte, um dessen Temperatur anzunehmen, dann aber auf eine Temperatur von etwa 17,0° gebracht wurde, trat eine Veränderung der Erdablesung auf 24,952 ein, was am Sinuselectrometer eine Ablenkung von 1′ 2″ geben würde. Bei den vorgeführten Versuchen schwankte die Temperatur in der Gegend von 15° um höchstens 5°, während die Electricitätsmengen nicht sehr klein waren, der Einfluss dieser Schwankungen blieb also hier ganz unbemerklich, dürfte aber bei der Messung

der Luftelectricität wohl nicht zu vernachlässigen, sondern durch Versuche zu bestimmen sein.

Um das zu beobachtende Ende des Aluminiumhebels stets unelectrisch zu halten, hat es Herr Thomson, was Herr Dellmann nicht anführt, mit einem Netzwerk von Drähten umgeben; Fehler die durch eine unvollständige Ueberdeckung oder durch Staubtheilchen an der untern Platte xx entstehen können, sind entweder sehr klein oder zu vermeiden; ebenso der von einer Aenderung der Torsionskraft des Platinadrahtes herrührt, die, wenn sie erfolgt, nur sehr langsam erfolgt. Herr Thomson hielt sie für eine säculare.

Endlich ist noch, was namentlich und mit Recht Herr Dellmann hervorhebt, die Ablesung mittelst des Einstellens eines Haares zwischen zwei Puncten nicht sehr genau. Ich habe den hierdurch zu fürchtenden Fehler zu vermeiden gesucht, indem ich die obere Gränze des Drahtes immer an eine zufällig sich am obern Punkte findende Spitze einstellte; doch erscheint die Verbesserung Dellmann's, der statt der Punkte eine auf einen Spiegel gezogene Linie benutzt, äusserst zweckmässig, namentlich, wenn anstatt des Haares der eine Arm des Hebels (oder beide) mit einer wagrechten scharfen Spitze versehen würde.

Jedenfalls bietet nach alle diesem das Instrument bei geringen Nachtheilen grosse Vorzüge, aber freilich waren auch Seitens des Erfinders höchst beschwerliche Arbeiten nothwendig, um die dauerhafte Befestigung des Platindrahtes, genügende Isolirfähigkeit des Glases und Behandlung seiner Oberfläche etc., mit einem Worte, um dem Apparat seine Sicherheit, Bequemlichkeit und Empfindlichkeit zu geben, den eine nicht sehr sorgfältige Ausführung sofort unbrauchbar macht.

Telegraphischer Wasserstandsanzeiger.

Von

G. Hasler.

(Mitgetheilt von dem Herrn Verfasser aus den Mittheilungen der naturforschenden Gesellschaft in Bern, 2. October 1869.)

(Hiezu Taf. III.)

Vor zwei Jahren habe ich der verehrlichen Gesellschaft ein Pegelinstrument vorgezeigt, bei welchem der Wasserstand vermittelst eines Schwimmers und einer Uhr von Stunde zu Stunde auf einer Papierwalze aufgezeichnet wird. Solche Limnigraphen sind seither an der Aare, am Rhein, am Bodensee etc. aufgestellt worden, und haben sich überall gut bewährt. Ein wesentlicher Unterschied zwischen jenem Instrument und demjenigen, das ich heute erklären will, besteht darin, dass bei dem ersten Instrument der Schwimmer direct auf den Markirapparat einwirkt, also das komplete Instrument sich auf einer Station befindet, während bei dem vorliegenden Instrument der Schwimmer fast eine Stunde vom Zeigerwerk entfernt ist, und also beide Apparate durch eine telegraphische Leitung verbunden werden müssen.

Das Instrument soll den jeweiligen Wasserstand des Wasserreservoirs auf dem Könizberg continuirlich im Comptoir des Directors der Gasanstalt in Bern anzeigen, indem von hier aus die neue Quellwasserleitung überwacht werden muss.

Eine allgemeine Uebersicht über die Verbindung der Apparate unter sich und mit der galvanischen Batterie erhält man aus dem in Fig. 1 Taf. III verzeichneten Schema. Das bei dem Reservoir aufgestellte Contactwerk ist durch den um eine Achse sich drehenden Wechselhebel W und die zwei Contactschrauben C_1 und C_{11} dargestellt. Wenn der Schwimmer steigt, so muss ein Contact des Wechsels W mit der Schraube C_1, und wenn er fällt, ein Contact mit der Schraube C_{11} hergestellt werden. Das in der Gasanstalt befindliche Zeigerwerk hat zwei Electromagnete; je nachdem der Strom der ebendaselbst aufgestellten Batterie durch den einen oder den andern Electromagneten geleitet wird, soll ein zwischen beiden sich befindlicher Zeiger nach

links oder nach rechts springen. Ein Pol der Batterie ist mit der Erde, oder hier mit den eisernen Wasserleitungsröhren in Verbindung, und führt beim Reservoir zu der Achse des Contacthebels W; der andere Pol der Batterie führt gemeinschaftlich zu den Enddrähten der beiden Electromagnete E_{1} und E_{11}, während deren Anfangsdrähte je zu einer der Schrauben C_{1} und C_{11} des Contactwerkes geleitet werden.

Das Contactwerk, Fig. 2, wird durch den Schwimmer in Bewegung gesetzt. Auf einer Stahlachse sitzt hinter dem eigentlichen Apparat eine Holzrolle, auf der sich eine Messingkette auf- und abwinden kann; an der Kette hängt der aus Kupferblech bestehende Schwimmer. Die Rolle hat genau einen Umfang von 1 Fuss, so dass eine Bewegnng des Schwimmers von 1 Fuss einen Umgang der Stahlachse bewirkt. Beim Steigen des Schwimmers wird die Bewegung der Achse durch ein Gegengewicht verursacht. Auf der nämlichen Stahlachse sitzt eine Scheibe mit 10 Stiften. Ein Hebel von Eisen H mit einem zahnartigen Vorsprung wird durch diese Stifte bei der Drehung der Scheibe S gehoben, also jedesmal, wenn sich der Wasserstand um 1 Zoll verändert hat. So oft der Hebel H in die Höhe gehoben wird, so findet behufs Schliessung der Batterie ein Contact bei C statt. Vor dem Stiftenrad sitzt auf der Stahlachse ferner eine Hülse mit einem nach unten vorstehenden Arm W. Die Hülse dreht sich vermöge der Friction mit der Achse, bis der Arm eine der isolirten Schrauben C_{1} oder C_{11} berührt; dadurch wird der Arm arretirt, während die Achse sich ungehindert fortbewegen kann. Gleichzeitig mit dem obern gemeinschaftlichen Contacte findet ein Contact des Armes W mit einer der beiden Schrauben C_{1} oder C_{11} statt. Im ersten Falle wird der Strom der Batterie zum Electromagnet E_{1} geleitet und zeigt das Steigen des Wassers um 1 Zoll an; im zweiten Falle geht der Strom durch den Electromagnet E_{11} und zeigt umgekehrt das Fallen des Wassers um 1 Zoll an.

Diese Einrichtung genügt jedoch noch nicht für den sichern Gang des Instruments. Wenn z. B. das Wasser um 1 Zoll sinkt, so wird der Hebel H gehoben, bis bei C ein Contact entsteht, zugleich wird der Wechsel W die Contactschraube C_{11} berühren, und der Zeiger des Indikators um 1 Grad rückwärts springen. Steigt nun das Wasser nach erfolgtem Contact bei C wieder, so dreht sich die Scheibe mit den Stiften rückwärts, und der obere Contact wird aufgehoben, bevor der Wechsel W die entgegengesetzte Contactschraube C_{1} erreicht hat.

Der Zeiger des Indikators ist um 1 Grad rückwärts gesprungen, während die Scheibe mit den Stiften ihre frühere Stellung wieder eingenommen und sich also der Wasserstand nicht verändert hat. Damit der Zeiger ganz genau die Schwankungen des Wassers anzeige, muss die Einrichtung getroffen werden, dass der Contact bei C so lange andauert, bis der Wechselhebel W von der Contactschraube C_I zu C_{II} und umgekehrt übergesprungen ist.

Die Herstellung eines solchen verlängerten Contacts ist mir in folgender höchst einfachen Weise gelungen. Ueber dem eisernen Hebel H ist ein zwischen Lagern sich drehender Magnetstab angebracht, dessen rechter Hebelarm etwas schwerer ist als der linke, so dass der letztere in der Ruhelage an der über demselben befindlichen Arretirschraube anliegt. Wird nun der Hebel H durch einen Stift gehoben, und dadurch der Contact bei C hergestellt, so wird bei rückgängiger Bewegung der Scheibe S der Magnet M vermöge der Anziehung dem fallenden Eisenhebel folgen, und der Contact so lange andauern, dass der Wechsel die entgegengesetzte Contactschraube berühren, und folglich der Zeiger des Indikators in diejenige Lage zurückgehen kann, welche er vor erfolgtem Contacte bei C eingenommen hat. —

Das Zeigerwerk, Fig. 3, besteht aus zwei Electromagneten, den zwei zugehörenden Ankerhebeln und der Räderkuppelung, wie sie von Siemens und Halske in der deutsch-österreichischen Telegraphenzeitschrift, Jahrgang XIII, beschrieben ist. Wenn der galvanische Strom den Electromagnet E_{II} durchkreist, so wird der betreffende Anker angezogen, der Schalthaken am obern Ende des Ankerhebels legt sich in die nächstfolgende Zahnlücke des Schaltrades R, und sobald der Strom aufgehört, so wird das Zahnrad sammt dem Zeiger durch eine auf den Hebel wirkende Spiralfeder um einen Zahn vorgerückt. Der zweite Electromagnet E_I sammt Anker dient dazu, um die entgegengesetzte Bewegung des Zeigers hervorzubringen. Da die beiden Ankerhebel mit den bezüglichen Schalthaken in entgegengesetzter Richtung wirken, so müssen auch die zugehörenden Schalträder von einander getrennt werden. Die Kuppelung der Schalträder ist aus Fig. 4 und 5 ersichtlich. Beide Schalträder R_I und R_{II} sind mit den Kronrädern K_I und K_{II} durch Hülsen verbunden; jedes Räderpaar kann sich frei auf einer gemeinschaftlichen Stahlachse drehen, welch' letztere auf der einen Seite den Zeiger trägt. In der Mitte ist die Achse durchbohrt

und ein Stift senkrecht zu derselben eingesteckt, auf welchem sich das Zwischenrad Z drehen kann, das beidseitig in die Kronräder eingreift. Die verstellbare Kugel G dient als Gegengewicht zum Zwischenrad Z. Derjenige Ankerhebel, der in Ruhe ist, hält das entsprechende Schaltrad fest, während der andere, welcher in Thätigkeit kommt, das entsprechende Schaltrad vorwärts führt. Dadurch wird auch das Zwischenrad sammt Hauptachse und Zeiger in gleicher Richtung vorwärts bewegt; der Zeiger wird bei jeder Grösse des Zwischenrades den halben Weg zurücklegen, welchen das Schaltrad durchläuft.

Die Scala hat 140 Theilstriche, dem 14 Fuss tiefen Wasserreservoir entsprechend.

Die galvanische Batterie besteht aus 20 Meidinger'schen Elementen, von welchen ein jeder Ballon $1^1/_2$ Pfund Kupfervitriol-Krystalle aufnehmen kann.

Nachtrag.

Bei der Installation des Instruments wurde am Zeigerapparat noch die weitere Vorrichtung angebracht, dass das schnelle Sinken des Wasserstandes während der Nacht im Schlafzimmer des Gasdirectors durch eine electrische Allarmglocke angezeigt wird.

Ueber die Bestimmung der Wellenlängen der Spectrallinien der Metalle.

Von

Rob. Thalén.

(Nova Acta Reg. Soc. Sc. Upsal. 3me série t. VI.)

(Hiezu Tafel IV und V.)

Einleitung.

In einer früheren Abhandlung über die Spectralanalyse [1]) habe ich eine Tafel gegeben, welche die prismatischen Spectren von fast allen einfachen Körpern vereinigt gibt, wie man sie erhält, wenn man die Flamme eines Gasgebläses oder den electrischen Funken eines kräftigen Inductionsapparates anwendet. Ich hatte diese Spectraltafel nach den Brechungsindices, die mit Hilfe eines Schwefelkohlenstoffprismas mit einem Winkel von 60° erhalten wurden, mit aller Sorgfalt construirt, welche die Umstände damals ihr zu verleihen gestatteten; sie wird also, wie ich hoffe, für die gewöhnlichen Bedürfnisse der Analyse genügen. Manchmal wird man übrigens, selbst wenn man nur den Anforderungen dieser Analyse Rechnung trägt, in den Fall kommen, dass die durch Brechung gegebenen Spectren nicht zu den gewünschten Resultaten führen; zu diesem Behufe und auch für andere Zwecke, die ich unten anführen werde, will ich nun eine andere Tafel veröffentlichen, deren Construction auf den Wellenlängen des Lichtes basirt ist.

Wenn es sich nämlich um die electrischen Spectren handelt, welche man allein für die Spectralanalyse in weitesten Sinne anwenden kann, so kann man sich im Allgemeinen nicht einer individuellen Linie bedienen, um das Vorhandensein eines bestimmten Körpers in der zu analysirenden Substanz nachzuweisen. Man muss im Gegen-

---

1) Upsala Universitets Arskrift 1866.

theile ganze Gruppen und namentlich solche untersuchen, welche für die verschiedenen Körper ganz characteristisch sind. Da es nämlich bei diesen Untersuchungen gewöhnlich vorkommt, dass die Substanz gleichzeitig mehrere einfache Körper enthält, und da also auch das erhaltene Spectrum von einer sehr grossen Anzahl von Linien bedeckt ist, so begreift man wohl, dass die Schwierigkeit, genau zu bestimmen, welchem Körper eine bestimmte Linie zukommt, sehr rasch wächst; die characteristischen Gruppen der Linien eines Metalles werden mit denen eines anderen vermischt, ihre anfängliche Erscheinung wird also sehr überladen sein und man wird zu besonderen Hilfsmitteln seine Zuflucht nehmen müssen, um sie sicher von einander zu unterscheiden.

Um diese Misstände zu vermeiden, wendet man bei den gewöhnlichen Spectroscopen ein sehr feines Micrometer auf Glas an, dessen Bild an der dem Auge zugewendeten Prismenfläche in der Weise reflectirt wird, dass man es gleichzeitig mit den hellen Linien des Spectrums wahrnimmt. Die mit der beobachteten Linie coincidirende Zahl an der Scala muss so als characteristischer Index für den Körper dienen, der die Entstehung der fraglichen Linie veranlasste. Wenn aber das Prisma einigen etwas beträchtlichen Temperaturänderungen ausgesetzt ist, so werden die mit dem gleichen Instrumente zu verschiedenen Zeiten angestellten Bestimmungen nie vollkommen mit einander übereinstimmen; man wird dann mehr erzielen, wenn man Apparate mit ungleichem Dispersionsvermögen anwendet, so dass die Spectrallinien nicht auf dieselben Zahlen an der Scala fallen. Sollen aber die Angaben der verschiedenen Instrumente unter einander vergleichbar sein, so muss man Tafeln herstellen oder Curven construiren, deren Anwendung übrigens nicht sehr bequem sein wird.

Da die eben angeführte Beobachtungsmethode im Allgemeinen eine genaue Bestimmung der Positionen der Spectrallinien nicht zulässt, so muss man, wenigstens wenn man die äusserste Genauigkeit anstrebt, offenbar die hellen Linien mit dem Sonnenspectrum vergleichen, dessen dunkle Linien dann gleichsam als Micrometerscala dienen werden. Nehmen wir also an, man bringe die beiden prismatischen Bilder, deren eines zu dem als Electrode dienenden Metalle, das andere zur Sonne gehört, zur Coincidenz, so wird man die Linien der ersteren gegen die der letzteren einregistrirt haben, und man begreift leicht, dass die Dispersion des Prismas, wie gross oder klein sie auch sein mag, in den beiden Spectren nothwendig die gleiche Wirkung haben wird.

Operirt man also nach dieser Methode, so wird man nicht die geringste schädliche Einwirkung der Temperaturveränderungen auf die fraglichen Bestimmungen zu befürchten haben; die Lage einer bestimmten Linie wird ein für allemal gegeben sein, wenn man nur in geeigneter Weise die Linien im Sonnenspectrum angeben kann, bei denen diese Metalllinie beobachtet worden ist. Um also die Fraunhofer'schen Linien, deren Anzahl fast unendlich ist, sicher von einander unterscheiden zu können, wird es sehr bequem sein, neben dem Sonnenspectrum eine Scala anzubringen, die man auf die Tafeln setzen kann. Anstatt sich aber einer Scala zu bedienen, die ganz und gar willkürlich ist oder wenigstens nur die Brauchbarkeit einer bestimmten Substanz repräsentirt, wäre es viel besser, unmittelbar die Wellenlängen des Lichtes einzuführen und dieselben für die Benennung der Spectrallinien zu gebrauchen.

Construirt man sich nach der vorstehenden Methode eine Spectraltafel, welche nicht nur das Sonnenspectrum in hinreichender Grösse, sondern auch die Spectren der Metalle enthält, und ordnet man alle diese Linien nach ihren Wellenlängen, so wird diese Tafel nach meiner Meinung in den meisten Fällen sehr nützlich sein; denn sie wird sich nicht blos vollkommen auf alle Bedürfnisse der Spectralanalyse anwenden lassen, sondern auch als Grundlage für weitere Untersuchungen dienen können, die man auf die Kenntniss der Wellenlängen des Lichtes würde basiren können.

In seiner Abhandlung über das normale Sonnenspectrum sagt Ångström, dass es seine Absicht war, nicht blos die Wellenlängen der Linien des Sonnenspectrums, sondern auch die der Metalllinien zu geben; da ihm aber die Umstände nicht gestatteten, diese Arbeit auszuführen, so hat er mir vorgeschlagen, sie zu unternehmen. Man muss also meine Arbeit gleichsam als Supplement zu der erwähnten Abhandlung von Ångström betrachten. Man wird dies um so mehr thun können, als wir über Spectraluntersuchungen mehrere Jahre lang mit einander gearbeitet haben.

Folgende Thatsachen standen beim Beginne der fraglichen Untersuchung zu meiner Verfügung. Kirchhoff und Hoffmann[1]) haben auf ihren Spectraltafeln die Positionen der hellen Linien einer grossen

1) Abhandlungen der k. Preuss. Academie der Wissenschaften zu Berlin 1861 und 1862.



Anzahl von Körpern angegeben und diese Arbeit wurde seitdem ergänzt durch die Beschreibung des violetten Theiles desselben Spectrums, welche Ångström und ich [2]) gegeben haben. Bei der Construction der bereits citirten Spectraltafel habe ich mich der angegebenen Einregistrirungsmethode bedient und besass auf diese Weise in Bezug auf die meisten Metalle wichtige Thatschen, welche ich für die in Frage stehende Arbeit verwerthen konnte. Ich habe seitdem diese Versuche wieder aufgenommen und gesucht, meine alten Beobachtungen zu rectificiren und so viel als möglich zu completiren. Vor Allem hätte ich die genauen Werthe der Wellenlängen der Fraunhofer'schen Linien kennen oder, was dasselbe ist, ein normales Sonnenspectrum besitzen sollen. Diese mühsame Arbeit wurde von Ångström mit äusserster Sorgfalt ausgeführt und so konnte ich mit seiner gütigen Erlaubniss meine Bestimmungen auf die Tafeln beziehen, welche er in der erwähnten Abhandlung gegeben hat.

Der Gang der Untersuchungen ist folgender. Zuerst wurde jede helle Linie des Metalles, dessen Spectrum ich untersuchen wollte, auf den Tafeln des Brechungsspectrums einregistrirt, welche von Kirchhoff und Hoffmann von *A* bis *G* und von uns von *G* bis *H* construirt waren; sodann wurden diese beobachteten Linien auf die Tafeln des normalen Sonnenspectrums von Ångström übertragen, da es möglich war, diese direct anzuwenden; schliesslich habe ich die Linien nach ihren so erhaltenen Wellenlängen auf die beigefügten Tafeln IV u. V übertragen.

Um die Genauigkeit ersichtlich zu machen, welche diesen Bestimmungen zukommt, müssen wir im Detail die gebrauchten Instrumente und die Methode beschreiben, deren ich mich bei diesen Untersuchungen für die Einregistrirung der Linien bedient habe.

Instrumente.

Als Electricitätsquelle hat gewöhnlich der grosse Ruhmkorff'sche Inductionsapparat functionirt, bei dem die Länge der Rolle 57 Centimeter, ihr Durchmesser 21 Centimeter betrug.

Die Electroden des Inductionsstromes wurden mit einem Condensator verbunden, der hinreichend kräftig war, um durch die electrische Entladung die Körper, deren Spectren man untersuchen wollte, in Dampf überzuführen. Wenn ich mir diese Körper im metallischen

2) K. Vet. Akad.'s Handlingar. Stockholm 1865.

Zustande verschaffen konnte, so habe ich sie direct als Electroden angewendet; bei den übrigen Fällen sind es Aluminium- oder Platin-Electroden, welche mit den Salzlösungen der Metalle befeuchtet wurden, und ich habe mich meistentheils wegen ihrer leichten Verflüchtigung der Chlorverbindungen bedient.

Bei der Bestimmung der Linien einiger Körper, wie des Eisens, Magnesiums, Calciums etc., deren helle Linien wirklich mit den dunklen Linien des Sonnenspectrums zusammenfallen, wurde als Generator des electrischen Lichtes der Volta'sche Bogen einer Säule von 50 Elementen angewendet.

Das bei diesen Untersuchungen gebrauchte Spectroscop war das in der bereits citirten Abhandlung über den violetten Theil des Sonnenspectrums beschriebene. Es besteht aus zwei hinlänglich grossen Fernrohren, wovon das eine als Collimator, das andere als Beobachtungsfernrohr dient. Das Schwefelkohlenstoffprisma hatte einen brechenden Winkel von 60°; war die Intensität des electrischen Lichtes hinreichend gross, so wurden sechs solcher Prismen, und selbst in einigen günstigen Fällen sechs Flintglasprismen angewendet, deren jedes einen Winkel von 60° hatte; war dagegen die Intensität sehr schwach, so wurde das Schwefelkohlenstoffprisma durch ein Flintglasprisma ersetzt.

Registrirungsmethode.

Um die Linien des glühenden Körper in das Sonnenspectrum einzuregistriren, gibt es verschiedene, mehr oder weniger geeignete Methoden, deren man sich wird bedienen können. Diese Verfahrungsweisen bestehen in Folgendem:

Handelt es sich um den Volta'schen Lichtbogen, oder selbst um den Inductionsfunken, wenn nur in diesem letzteren Falle die Electrode aus dem Metalle selbst besteht, dessen Spectrallinien man einregistriren will, so ist sehr vortheilhaft, die Strahlen der beiden Lichtquellen mit einander durch die Spalte des Collimators in der Weise eintreten zu lassen, dass die beiden Spectra, das des Metalles und das der Sonne, in dem Gesichtsfelde des Fernrohres über einander erscheinen. In diesem Falle muss offenbar die Intensität des Metallspectrums gross genug sein, um seine Linien gleichzeitig mit denen des Sonnenspectrums genau wahrnehmen zu können; hat dies statt, so wird das Einregistriren ohne alle Schwierigkeit geschehen können. Ist dagegen die Intensität des electrischen Spectrums schwach, was fast immer stattfindet, wenn

der Funke zwischen mit Salzlösungen getränkten Electroden überspringt, so habe ich es vorgezogen, die beiden Lichtbündel in der gleichen Richtung durch die Spalte einzuführen, so dass die beiden Spectren über einander gelagert waren. Gewöhnlich kann man in diesem Falle bei dem Mangel an Lichtintensität die hellen Linien auf dem erleuchteten Grunde des Sonnenspectrums nicht sehen, selbst dann nicht, wenn man durch einen vorgestellten Schirm die Intensität dieses letzteren Spectrums vermindert, und es blieb also kein anderes Mittel übrig, als sich des Fadennetzes des Fernrohres zu bedienen. Nachdem hiebei die Sonnenstrahlen vom Gesichtsfelde gänzlich ausgeschlossen waren, habe ich die hellen Linien des Metalles mit dem verticalen Faden des Fadenkreuzes genau zur Coincidenz gebracht; dieser Faden hat dann, nachdem der Schirm entfernt war, die genaue Lage angegeben, welche die helle Linie unter den dunklen Linie des Sonnenspectrums einnahm.

Durch eine beachtenswerthe Thatsache wurde übrigens die Genauigkeit dieser Methode in sehr beträchtlicher Weise vermindert. Wenn man nämlich den Faden im Fadennetze gleichzeitig mit den Fraunhofer'schen Linien beobachtet, dabei die beiden Objecte in den Brennpunkt des Oculares einstellt, so wird es sich, wenn der Faden unter die dunklen Linien, deren Intensität schwach und deren Dicke sehr gering ist, gebracht wird, gewöhnlich ereignen, dass diese letzteren Linien vollständig verschwinden, oder dass man sie wenigstens nicht ohne grosse Mühe unterscheiden wird. Diese Erscheinung, welche man in genügender Weise sowohl durch den grossen Unterschied in den Intensitäten der beiden Objecte als auch durch die Interferenzstreifen erklären kann, welche an den beiden Rändern des Fadens im Netze entstehen, würde zum Theil vermindert, wenn man anstatt des Verticalfadens ein Kreuz anwenden würde. Allein die Erfahrung hat uns in evidenter Weise ergeben, dass selbst in diesem Falle, wenigstens in der Nähe des Kreuzungspunctes der aufgespannten Fäden, analoge Misstände zum Vorschein kommen.

Das Einregistriren der Linien, welche sich im violetten Theile des Spectrums befinden, ist gewiss sehr schwierig wegen der geringen Intensität dieser Linien. Auf dem sehr dunklen Grunde dieser Gegend des electrischen Spectrums kann das Fadennetz nicht gesehen werden, und wenn man sie mit der Flamme einer gewöhnlichen Kerze, deren Licht vorwiegend gelb ist, beleuchtet, so kann man den Faden nicht mit der Linie im Spectrum zur Coincidenz bringen, wegen der schein-

baren Parallaxe, die durch die verschiedenen Focaldistanzen des Auges gegen gelbe und violette Farben entsteht. Wenn demnach die Umstände nicht gestatten, das Gesichtsfeld durch ein schwaches Licht zu erleuchten, das durch die Spalte des Collimators eintritt, oder den Faden direct durch Strahlen zu beleuchten, deren Farbe nahe dieselbe ist, wie die der Gegend im Spectrum, in der man seine Untersuchungen anstellt, so wird es kein anderes Mittel geben, als die Messungen so oft zu wiederholen, bis man überzeugt ist, dass man genaue Resultate erhält. Man muss sich übrigens vor Fehlern hüten, die durch die Parallaxe zwischen den beiden Spectren hervorgebracht werden, deren Existenz man unmittelbar findet, wenn man untersucht, ob die beiden gelben Linien im Sodium mit den D-Linien im Sonnenspectrum coincidiren oder nicht.

Wir haben oben bemerkt, dass man um die Wellenlängen der Linien der Metalle zu erhalten, sie vorerst in die Tafeln, die nach den Brechungsindices construirt sind, eintragen und dann erst auf das Normalspectrum übertragen sollte. Handelt es sich um Theile des Sonnenspectrums, wo die Fraunhofer'schen Linien, die auf den beiden fraglichen Tafeln gegeben sind, sehr zahlreich vorkommen, so ist diese Operation ganz leicht; in den andern Fällen musste ich aber zu einem graphischen Verfahren meine Zuflucht nehmen. Indem ich die Daten benützte, die man über die beiden erwähnten Arten von Tafeln vorfindet, konnte ich eine Curve construiren, in welcher die Wellenlängen der Linien durch die Abscissen der Curve und die Werthe der Brechungsindices durch die Ordinaten dargestellt sind. Auf dieser Curve habe ich einander ganz nahe befindliche Puncte bestimmt und konnte so durch Interpolation den genauen Werth der Wellenlänge einer gewissen Linie erhalten, deren Lage auf dem Brechungsspectrum ich bereits kannte.

In derselben Weise habe ich die folgende Tabelle hergestellt, vermittelst welcher man die Wellenlängen der Puncte finden wird, die von einander um den Werth von 0,00001^{mm} in der Wellenlänge gleichweit abstehen; die in der dritten Columne gegebenen Zahlen geben die Werthe für die Brechungsindices nach der von Kirchhoff adoptirten Scale an.

Vergleichung zwischen dem normalen Spectrum und dem Brechungsspectrum der Sonne nach der Kirchhoff'schen Scala.

Linien	Wellenlängen	Correspondirende Zahlen a. d. Kirchhoff-schen Scala.	Differenz	Beobachter
	mm			
C {	0,00066	680,0		
	0,00065	717,2	37,2	
	0,00064	756,6	39,4	
	0,00063	798,8	42,2	
	0,00062	845,5	46,7	Hoffmann [1])
	0,00061	895,5	50,0	
	0,00060	944,5	49,0	
D {	0,00059	999,7	55,2	
	0,00058	1068,8	69,1	
	0,00057	1141,6	72,8	
	0,00056	1219,4	77,8	
	0,00055	1304,1	84,7	Kirchhoff [1])
	0,00054	1393,8	89,7	
E {	0,00053	1489,2	95,4	
	0,00052	1611,0	121,8	
b {	0,00052	1611,0		
	0,00051	1748,0	137,0	
	0,00050	1894,7	146,7	
F {	0,00049	2029,9	135,2	
	0,00048	2147,6	117,7	Kirchhoff [1])
	0,00047	2267,4	119,8	Hoffmann [1])
	0,00046	2396,7	129,3	
	0,00045	2538,0	141,3	
	0,00044	2693,0	155,0	
G {	0,00043	2867,2	174,2	
	0,00043	2870,8		
	0,00042	3102,4	231,6	
h	0,00041	3365,5	263,1	Thalén [2])
H {	0,00040	3670,0	304,5	
	0,00039			

Mit Hilfe der vorstehenden Tabelle kann man die auf Tafel IV u. V gezogenen Linien der Metalle mit denen identificiren, welche man in den citirten Refractionsspectren findet; besitzt man die von Ångström construirten Tafeln des normalen Spectrums nicht und wünscht man dennoch die Wellenlängen der in den Tafeln der Brechungsspectren enthaltenen Linien zu kennen, so kann man auch ausserdem durch Anwendung der Tabelle diese Verwandlung wenigstens angenähert vornehmen.

---

1) Abhandlungen der k. preuss. Academie der Wissenschaften zu Berlin 1861 und 1862.

2) K. Vetenskaps Akademiens Handlingar, Stockholm 1865.

Betrachtet man die in der vierten Columne gegebenen Zahlen der vorstehenden Tabelle, so sieht man, was auch sonst bekannt ist, dass die Dispersion im Refractionsspectrum am kleinsten im Roth und am grössten im violetten Ende[1]) ist. Daraus ergibt sich, dass die grösstmöglichen Fehler bei der von uns befolgten Beobachtungsmethode nothwendiger Weise in den Bestimmungen der Wellenlängen der Linien in Roth vorkommen. Berücksichtigt man übrigens blos die siebente Decimale des Werthes der Wellenlänge, so sind diese Fehler fast unmerklich.

Die Spectraltafel auf Tafel IV u. V gibt in Millimetern die Wellenlängen der Linien der Metalle ohngefähr auf 0,0000001 ihrer Werthe genau. Da die Zeichnung mit freier Hand ausgeführt wurde, so begreift man, dass die Fehler, welche diese Grenze übersteigen, wenn wirklich solche vorkommen, hauptsächlich in der grossen Schwierigkeit ihren Grund haben, die Spectrallinien an ihren richtigen Platz auf solche Weise zu zeichnen. Um übrigens diese schwierige Operation so viel als möglich zu erleichtern, gebrauchte ich immer Papier, auf dem zuvor schon die Millimeterscalen gedruckt waren und zwar von dem Steine ab, der nachher noch zur definitiven Reproduction der Spectren verwendet wurde. Da dieser vorläufige Druck auf trockenem Papier ausgeführt wurde, so war bei den Positionen der Linien kein Derangement zu fürchten, das durch das Zusammenziehen des angewendeten Papieres hätte bewirkt werden können. Zu bemerken ist übrigens, dass einige unbedeutende Fehler vom Graveur vorkommen; allein sie gehen im Allgemeinen nicht über 0,0000001 der Wellenlänge hinaus.

Will man die Genauigkeit der erhaltenen Resultate noch um Vieles erhöhen, so muss man entweder die Grösse der Dispersion des Spectroscopes und die der angewandten Scala vermehren oder sich für die Zeichnung viel complicirterer Instrumente bedienen, als die unsrigen waren. Um übrigens alle Fehler zu beseitigen, die beim Graviren entstehen, haben wir die erhaltenen Zahlenwerthe in den am Ende der Abhandlung angehängten Tabellen zusammengestellt.

---

1) Die in der vierten Columne der Tabelle gegebenen Differenzen stellen eine continuirliche Lösung dar, die der Wellenlänge $0{,}00049^{mm}$ entspricht, oder, wenn man lieber will, einem Maximum zwischen $0{,}00051^{mm}$ und $0{,}00052^{mm}$ und einem Minimum zwischen $0{,}00049^{mm}$ und $0{,}00048^{mm}$, was vielleicht von einem Derangement in der Lage der von Kirchhoff angewendeten Prismen herrührt.

Was die Genauigkeit der Werthe betrifft, die uns als Grundlage für die vorstehenden Bestimmungen gedient haben, so verweisen wir den Leser auf die Abhandlung von Ångström über das normale Sonnenspectrum; folgende sind die von ihm gefundenen Werthe für die hauptsächlichsten Fraunhofer'schen Linien:

Wellenlängen der haupsächlichsten Fraunhofer'schen Linien nach der Bestimmung von Ångström.[1])

Linien.	Wellen-längen.	Linien.	Wellen-längen.
A	0,00076009	b_2	0,00051720
a	0,00071850	b_3	0,00051683
B	0,00068668	b_4	0,00051667
C	0,00065618	F	0,00048606
D_2	0,00058950	G	0,00043072
D_1	0,00058890	h	0,00041012
E	0,00052690	H_1	0,00039680
b_1	0,00051830	H_2	0,00039328

Diese Werthe sind als sehr genau zu betrachten. Sollten übrigens künftig in Folge noch genauerer Bestimmungen über die Breiten der angewandten Gitter einige kleine Correctionen an ihnen anzubringen sein, so müssen wir bemerken, dass diese nie so bedeutend werden, dass sie einen merklichen Einfluss auf die siebente Decimale der für die Wellenlängen gegebenen Werthe ausüben werden.

Mittelst einer vor dem Oculare des Spectroscopes angebrachten Camera clara habe ich direct mit dem von unserem Spectroscope gegebenen Spectrum einzelne Theile der von Ångström construirten Tafeln des normalen Spectrums verglichen. Da diese Vergleichungsmethode sehr genau und sehr leicht ist, so dürfte es, glaube ich, der Mühe werth sein, einige Worte darüber beizufügen. Nehmen wir an, man wähle eine passende Vergrösserung und bringe die fragliche Tafel in eine solche Distanz vom Auge, dass die Dispersion der auf der Tafel gezeichneten Linien dieselbe ist, wie die des entsprechenden Theiles im Sonnenspectrum, den man gleichzeitig im Fernrohre sieht; bringt man alsdann im Gesichtsfelde des Camera clara die beiden Bilder des Spectrums zur Coincidenz, so kann man leicht die corre-

---

1) Recherches sur le Spectre solaire, par A. J. Angström. I. Spectre normal du soleil. Upsal 1868.

spondirenden Linien nicht blos in Bezug auf ihre Lage, sondern auch in Bezug auf ihre Intensitäten mit einander vergleichen. Die Uebereinstimmung bei diesen Versuchen war im Allgemeinen sehr befriedigend.

Beim Einregistriren der Spectrallinien der Metalle habe ich mich im Allgemeinen mit den intensivsten Linien begnügt, welche man leicht mittelst des Inductionsapparates beobachtet. Die Anzahl dieser hellen Linien variirt nämlich sehr beträchtlich mit der Stärke der angewandten Drahtrolle und mit der Güte des Spectroscopes. Diese Anzahl wird übrigens noch geringer, wenn man die Körper nicht im metallischen Zustande, sondern in Salzlösungen anwendet. Ich glaube jedoch nicht, dass das Weglassen dieser schwachen Linien den Nutzen unserer Tafel wesentlich beeinträchtigt; es würde dies nur in den ausnahmsweisen Fällen statthaben, wo man die Kenntniss der Länge einer Linie nöthig hätte, deren Glanz gewöhnlich so schwach ist, dass man sie nicht ohne specielle Untersuchungen auffinden könnte. Wenn überdies die bei den Versuchen verwendeten Substanzen nicht vollständig rein sind, wie kann man dann sicher sein, dass die schwachen Linien, die erscheinen, nicht den fremden Körpern angehören? In den meisten Fällen ist es wirklich die Spectralanalyse selbst, die uns zeigen muss, ob eine Substanz rein ist oder nicht; wenn es sich aber um Körper handelt wie Didym und Lanthan, oder um solche wie Yttrium und Erbium, welche noch Niemand im reinen Zustande gesehen hat, so wird es ganz unmöglich sein, genau zu entscheiden, welchem Körper jede beobachtete Linie zugehört. Dasselbe lässt sich bis zu einem gewissen Grade in Bezug auf die schwachen Linien der anderen Metalle sagen.

Diese Bemerkungen werden als Entschuldigung dienen, dass unsere Tafel keine so grosse Anzahl von Linien für die verschiedenen Metalle enthält, wie man sie in den von Huggins[1]) construirten Spectren findet. Es ist übrigens zu bedenken, dass dieser Physiker stets Körper im metallischen Zustande oder Amalgame, und nie Salzlösungen anwandte, und vielleicht liegt hierin der wahre Grund, warum er eine grössere Anzahl von Linien sehen konnte als wir. Wir bemerken ausserdem, dass die Anzahl der Linien in dem Maasse wächst, als man die Breite der Spalte vergrössert; da wir aber die Linien im Sonnenspectrum und die der Metalle gleichzeitig wahrnehmen mussten, so ist klar, dass die Breite der Spalte am Collimator nothwendig sehr klein sein und

1) Philosophical Transactions of the R. Soc. London, s. CLIV.



unveränderlich bleiben musste. Eine breite Spalte für die Beobachtung der Metalle und eine enge Spalte für die Einregistrirung dieser Linien in das Sonnenspectrum zu benützen, das hätte offenbar die durch die Beobachtungsmethode angestrebte Genauigkeit gänzlich illusorisch gemacht. Beifügen wollen wir noch, dass die von uns studirten Metalle der Anzahl nach weit mehr sind als die von Huggins gegebenen.

Erklärung der Tafeln.

Das obenanstehende Sonnenspectrum umfasst die Gegend zwischen *B* und *H*. Es enthält nur die stärksten Linien und characteristischen Gruppen, allein es sind bekanntlich hauptsächlich diese Linien des Sonnenspectrums, welche mit den hellen Linien gewisser Metalle zusammenfallen. Die Metalle, deren Linien wirklich mit denen des Sonnenspectrums coincidiren, sind: das Sodium, Calcium, Magnesium, Eisen, Mangan, Chrom, Nickel, Cobalt, wozu wir jetzt auch noch das Titan rechnen können, wiewohl im Allgemeinen dessen Linien blos mit den schwachen Linien im Sonnenspectrum zusammenfallen.

Ueber dem Sonnenspectrum befindet sich eine Millimeterscala, die in bestimmten Intervallen auf der ganzen Tafel wiederholt ist. Die an diesen Scalen der Länge nach befindlichen Zahlen geben im Millimetermaass hundert Tausendtel der Wellenlänge an. Mit Hilfe der Theilung der Scala wird man noch zwei Decimalen finden und hat also, wie bereits angeführt, die Wellenlängen auf $0{,}0000001^{mm}$ ihrer Werthe genau.

Die Anzahl der Metalle, deren Spectren auf den Tafeln vorkommen, beträgt fünfundvierzig.

Die Metalle, die ich im metallischen Zustande untersucht habe, sind dreiundzwanzig an der Zahl: das Kalium, Sodium, Magnesium, Aluminium, Eisen, Kobalt, Nickel, Zink, Cadmium, Blei, Thallium, Wismuth, Kupfer, Quecksilber, Silber, Gold, Zinn, Platin, Palladium, Osmium, Antimon, Tellur und Indium.

Bei den anderen metallischen Körpern habe ich gewöhnlich ihre Chlorverbindungen angewendet; es sind folgende: Lithium, Cäsium, Rubidium, Barium, Strontium, Calcium, Glucinium, Zirconium, Erbium, Yttrium, Thorium, Mangan, Chrom, Cerium, Didym, Lanthan, Uran, Titan, Wolfram, Molybden, Vanadium und Arsenik.[1])

---

1) Hier möge es mir gestattet sein, Herrn Prof. Bahr meinen besten Dank auszusprechen, da er mir mit grösster Bereitwilligkeit die chemischen Producte lieferte, die ich zu diesen Untersuchungen nöthig hatte.

Ich habe auch noch untersucht: das Iridium, Rhodium, Ruthenium, Tantal und Niobium, ohne dass es mir bisher gelungen wäre, für diese Körper sichere Bestimmungen mittelst der schwachen Linien, die man manchmal beobachten kann, zu erhalten.

Die hellen Linien unterscheiden sich viel von einander in Bezug auf ihr Aussehen und ihre Intensität. Um diese Ungleichheiten darzustellen, habe ich die Linien mit sehr grosser Intensität durch starke Striche, und die schwachen Linien durch sehr feine Striche angezeigt. Die Spectrallinien stellen sich als ein flammendes Band dar, dessen Conturen auf keiner Seite scharf definirt sind; ich habe dieselben durch eine je nach der Intensität des Bandes mehr oder weniger ausgesprochene Bifurcation der Linie dargestellt.

Es gibt auch helle Linien, welche man nur in ausnahmsweisen Fällen beobachtet, wie z. B., wenn die Quantität der zum Versuch verwendeten Substanz sehr reichlich und wenn das Glühen sehr lebhaft ist. Diese Linien, welche sich gewöhnlich an den Rändern des Spectrums unter der Form von Nadelspitzen darstellen, selbst wenn die anderen Linien des Metalles als continuirliche Linien durch das ganze Spectrum hindurch erscheinen, sind auf der Tafel als sehr kurze Linien dargestellt.

Unten an der Tafel habe ich auch noch das Spectrum der Luft gegeben, um es für die Spectralanalyse zu benutzen. Bedenkt man, dass bei ähnlichen Untersuchungen die Anzahl der Linien nicht gross genug ist, um als Basis oder Markirungspunct für die genaue Bestimmung der Lage einer beobachteten Linie zu dienen, so muss man zum Sonnenspectrum seine Zuflucht nehmen, um hier die erwähnte Linie einzuregistriren. Der so erhaltene Werth der Wellenlänge wird auf unserer Tafel den Ort angeben, wo man die fragliche Linie wieder finden muss, wenn sie sich nur wirklich zeigt. Verzichtet man aber auf das Sonnenspectrum, sei es wegen schlechter Witterung oder weil man diese Operationen für zu mühsam hält, so kann man auch mit Vortheil Electroden von Eisen anwenden, dessen Spectrum wegen seiner zahlreichen und characteristischen Linien in der That als künstliches Sonnenspectrum wird dienen können. Die hiebei zu befolgende Methode wird fast identisch mit der oben gegebenen sein; es wäre also überflüssig, eine detaillirte Beschreibung der Beobachtungsmethode zu geben.

Die am Ende angefügten Tabellen enthalten die Wellenlängen der Linien der Metalle. Die Anordnung der Tabellen ist sehr einfach:

die erste Columne gibt die Farben der Linien, die zweite ihre Wellenlängen in Zehntausendteln des Millimeter ausgedrückt; die dritte zeigt die Intensität der Linien und die vierte ist für Bemerkungen bestimmt, die sich hauptsächlich auf die mehr oder weniger prononcirte Breite der Linien beziehen.

Die Farben der Linien sind nach der Listing'schen Scala angegeben; folgende sind die von ihm gefundenen Grenzen der verschiedenen Farben:

Grenzen der Farben im Spectrum, nach Listing.[1])

Aeusserstes Roth	0,7234
Grenze von Roth und Orange	0,6472
„ „ Orange und Gelb	0,5856
„ „ Gelb und Grün	0,5347
„ „ Grün und Blau	0,4919
„ „ Blau und Indigo	0,4555
„ „ Indigo und Violett	0,4241
Aeusserstes Violett	0,3967

Da die Bestimmung der Intensität der Linien bekanntlich sehr schwierig ist, so prätendiren wir für die in der dritten Columne der Tabellen enthaltenen Zahlen keineswegs die wünschenswerthe Genauigkeit; sie werden blos dazu dienen, um die Identification der entsprechenden Linien auf den Tafeln zu erleichtern. Durch die Zahl 1 bezeichnen wir die stärksten Linien und durch 5 die schwächsten.

Zu bemerken ist noch, dass es Linien gibt, die, während sie bei Anwendung von metallischen Electroden sehr stark sind, sehr schwach werden, wenn man eine Salzlösung anwendet; und diese Abschwächung der Linien ist um so bedeutender, je weniger gesättigt die Lösung ist. Zu dieser Classe von Linien zählen hauptsächlich zwei Gruppen, die zum Zink und Cadmium gehören und sehr stark und breit sind, wenn das Metall selbst als Electrode dient, während man bei Anwendung von Salzlösungen keine Spur davon entdeckt.

Vergleichung der Resultate.

Es würde ein besonderes Interesse bieten, die von uns erhaltenen Werthe der Wellenlängen mit denen anderer Beobachter zu vergleichen, denn man könnte daraus beurtheilen, welchen Grad von Vertrauen

1) Poggendorff's Annalen. t. CXXXI p. 564. 1868.

unsere Messungen in Wirklichkeit verdienen. Wir wählen also in erster Linie die Bestimmungen von Mascart[1]) nur, der die Wellenlängen der Linien einiger Metalle durch directe Anwendung von Gittern gemessen hat. Allein bei der geringen Intensität der Linien der Metalle musste er seine Beobachtungen auf die hellsten Linien beschränken. Da übrigens die meisten Linien, welche die folgende Tabelle enthält, in dem Sonnenspectrum von Kirchhoff und Hoffmann einregistrirt sind, so wird die anzustellende Vergleichung nicht ausschliesslich über die Genauigkeit meiner eigenen Beobachtungen entscheiden; dessenungeachtet wird sie vollkommen die Genauigkeit der angewandten Methode bestätigen.

Folgende sind die erhaltenen Resultate; die Zahlen stellen die Wellenlängen in Tausendtel Millimeter dar:

Substanzen	Linien	Wellenlänge (Mascart) λ_1	Grad der Genauigkeit	Wellenlänge (Thalén) λ_2	Differenzen
Lithium . . .	Roth . . .	0,67067	5	0,67052	+ 0,00005
	Blau . . .	0,46020	10	0,46027	— 0,00007
Strontium . .	Blau . . .	0,46068	10	0,46075	— 0,00007
Thallium . .	Grün . . .	0,53488	5	0,53495	— 0,00007
Silber	Gelb . . .	0,54635	3	0,54640	— 0,00005
	Grün . . .	0,52071	3	0,52087	— 0,00016
Wismuth . .	Blau . . .	0,47212	5	0,47220	— 0,00008
Zinn	Indigo . .	0,45233	5	0,45240	— 0,00007
Zink	Orange .	0,63607	3	0,53625	— 0,00018
	Grün . . .	0,49232	8	0,49238	— 0,00006
	Blau . . .	0,49105	8	0,49112	— 0,00007
		0,48090	5	0,48097	— 0,00007
		0,47206	3	0,47214	— 0,00008
		0,46785	3	0,46795	— 0,00010
Cadmium . .	Orange .	0,64370	3	0,64380	— 0,00010
	Gelb . . .	0,53771	8	0,53780	— 0,00009
	Grün . .	0,53363	8	0,53375	— 0,00012
		0,50844	3	0,50850	— 0,00006
	Blau . . .	0,47986	5	0,47990	— 0,00004
		0,46765	5	0,46768	— 0,00003
	Indigo . .	0,44145	5	0,44155	— 0,00010

Die Differenzen, welche man zwischen den von uns und von Mascart gegebenen Werthen findet, sind im Allgemeinen nicht sehr gross. Die Linien, für welche die Discordanzen ein wenig beträchtlich werden, sind folgende: eine rothe Linie im Lithium, eine grüne Linie im Silber und eine orange Linie im Zink. Die von Mascart gegebene

1) Annales scientifiques de l'Ecole normale supérieure, t. VI; Paris 1864.

Wellenlänge der Silberlinie scheint mir zu klein[1]) zu sein. Uebrigens sind alle übrigbleibenden Differenzen fast gleich und von derselben Grösse wie die constante Differenz, welche im Allgemeinen zwischen den Bestimmungen von Ångström und denen von Mascart stattfindet und die von den Gittermaassen abhängt.

Die vorstehende Vergleichung zeigt uns jedoch, dass die beiden Beobachtungsmethoden zu denselben Resultaten führen. Die Methode von Mascart ist ohne Zweifel die directeste, die man anwenden kann; wenn man aber die schwachen Linien ebensogut wie diejenigen messen will, deren Intensität stark ist, so glauben wir, dass die von uns befolgte Registrirungsmethode die einzige ist, die man anwenden darf.

Folgende sind noch einige Bestimmungen, die von Plücker, Ketteler und Müller ausgeführt worden sind:

Beobachter	Substanzen	Linien	Wellenlänge λ_1	Wellenlänge (Thalén) λ_2	Differenzen $\lambda_1 - \lambda_2$
Plücker[2])	Quecksilber	Gelb . . .	0,57720	0,57680	+ 0,00040
			0,54610	0,54605	+ 0,00005
		Indigo . .	0,43590	0,43580	+ 0,00010
Ketteler[3])	Lithium . . .	Roth . . .	0,67062	0,67052	+ 0,00010
	Thallium . .	Grün . .	0,53451	0,53495	— 0,00044
Müller[4])	Lithium . . .	Roth . . .	0,67630	0,67052	+ 0,00578
	Thallium . .	Grün . .	0,53480	0,53495	— 0,00015
	Strontium . .	Blau . . .	0,46310	0,46075	+ 0,00235
	Indium . . .	Indigo . .	0,45500	0,45095	+ 0,00405

Die Uebereinstimmung der in dieser Tabelle gegebenen Messungen ist genügend bei den Bestimmungen von Ketteler und Plücker, aber nicht bei denen von Müller. Die lästigen Discordanzen, die man hier findet, rühren wahrscheinlich von der mangelhaften Messung der Breite des angewendeten Gitters her.

1) In seiner Abhandlung über das ultraviolette Sonnenspectrum hat Mascart die Zahl 0,52076^{mm} als Werth für die Wellenlänge für diese Silberlinie gegeben. (Annales scientifiques de l'Ecole normale supérieure, t. I p. 41.)

2) Wiedemann, Lehre vom Galvanismus Bd. II, p. 875 Taf. I.

3) Monatsberichte der Berliner Academie 1864, p. 632.

4) Fortschritte der Physik: 1863 p. 191. 1865 p. 229.

Ueber die wahrscheinliche Existenz des Titan in der Sonne.

Wir haben oben angeführt, dass das Titan unter die Substanzen gerechnet werden darf, welche wahrscheinlich auf der Sonne vorkommen. Folgende Thatsachen haben mich auf diese Schlussfolgerung geführt.

Beim Beginne meiner Untersuchungen über das Titanspectrum vor einigen Jahren hatte ich Titansäure angewendet, allein diese Säure hat mir nur eine beschränkte Anzahl von Linien gegeben, welche ausserdem ungemein fein waren und so rasch verschwanden, dass ich die grösste Mühe hatte, sie in das Sonnenspectrum einzuregistriren. Trotzdem fand ich, dass einige dieser characteristischen Linien, die in der grünen Gegend des Spectrums lagen und deren Wellenlänge nahe 0,00050 betrug, mit den dunklen Fraunhofer'schen Linien coincidirten.

Als wir einige Zeit darauf Versuche mit dem Volta'schen Lichtbogen anstellten, um das Calciumspectrum zu studiren, haben Ångström und ich[1]) Kohlenstücke angewendet, die mit einer gesättigten Lösung von Chlorcalcium getränkt waren. Unter den zahlreichen hiebei beobachteten Linien, die in das Sonnenspectrum einregistrirt wurden, erkannte ich dann die oben angeführten, welche mir früher das Titan ergeben hatte.

Es handelte sich also darum, genau zu bestimmen, von welchem dieser beiden Körper, dem Calcium oder dem Titan, diese fraglichen Linien wirklich herrührten. Zu bemerken ist jedoch, dass man dieselben nicht auffindet, wenn man den electrischen Funken des Inductionsapparates anwendet und diesen zwischen metallischen Electroden überschlagen lässt, die mit einer Lösung von Chlornatrium befeuchtet sind.

Bei meinen letzten Untersuchungen über das Titan habe ich mich ausschliesslich des Titanbichlorids bedient, das durch Zersetzung von Titansäure erhalten wurde. Das Herstellungsverfahren dieses chemischen Präparates lässt nicht die geringsten Spuren von Calcium hinzukommen, wie man mir versichert hat, und die Spectralanalyse hat auch nicht mehr die characteristischen Linien dieses Körpers gegeben, woraus folgt, dass das Titanbichlorid als ganz frei von Calcium betrachtet werden muss.

1) K. Vetenskaps Akademiens Handlingar. Stockholm, 1868.

Das Titanspectrum, welches dieses Titanbichlorid mittelst des Inductionsapparates gegeben hat, besteht aus einer ungemein grossen Anzahl von sehr feinen Linien, unter denen sich auch die grünen Linien zeigen, von denen wir oben gesprochen haben. Man muss sie also definitiv als dem Titan und nicht dem Calcium zugehörig betrachten[1]) und muss ausserdem annehmen, dass die beim Volta'schen Lichtbogen als Electroden verwendeten Kohlen Titan enthielten, obwohl ich es durch die chemische Analyse nicht habe nachweisen können.

Herr Bahr, dem ich diese Thatsachen mittheilte, hat neuerdings die Asche der englischen Kohlen, wie sie zur Leuchtgasfabrication gebraucht werden, chemisch analysirt und constatirt, dass sie wirklich Titan enthalten.

Beim Einregistriren der Titanlinien, deren Anzahl wenigstens 170 beträgt, in das Sonnenspectrum habe ich gefunden, dass die meisten von ihnen mit dunklen Fraunhofer'schen Linien zusammenfallen. Nach der bekannten Beziehung zwischen dem Emissions- und Absorptions-Vermögen glühender Gase, müsste man annehmen, dass das Titan in Dampfform in der Sonnenatmosphäre vorkommt. Man muss aber vor Allem bemerken, dass die schwarzen Linien, um die es sich handelt, im Allgemeinen sehr fein und sehr schwach sind und dass überdies das Sonnenspectrum nach allen Richtungen hin mit einer fast unzähligen Menge von ähnlichen schwachen Linien bedeckt ist; man könnte also mit vielem Grunde vermuthen, dass diese Coincidenz nur scheinbar ist. Um diesen Zweifel zu beseitigen, habe ich die Dispersion des Spectroscopes vermehrt, indem ich sechs Flintglasprismen

---

1) Folgende sind die Titanlinien, die man sonst dem Calcium zuschrieb (K. Vetenskaps Akademiens Handlingar, Stockholm 1865). Die Zahl n gibt die Positionen der Linien im Sonnenspectrum nach der Kirchhoff'schen Scala und λ ihre Wellenlängen

n	λ	n	λ
1799,6	5064,4	1884,3	5006,6
1835,9	5039,0	1896,2	4908,8
1837,5	5038,0	1908,5	4990,3
1841,0 }	5035,6	{ 1923,5	4981,0
1841,6 }		{ 2309,0	4666,5
1857,9	5024,8	2487,0	4535,5
1860,4	5022,5	2490,5	4532,0
1864,9	5019,4	2650,5	4426,8
1873,4	5013,3		

anwendete, wovon jedes einen brechenden Winkel an 60° hatte. Das so erhaltene Spectrum ist ausnehmend schön und man kann selbst die feinsten Linien deutlich unterscheiden. Trotz dieser grossen Dispersion hatte die beobachtete Coincidenz der Titanlinien mit den Sonnenlinien auch jetzt noch statt und diese Coincidenz war nicht nur bei den starken, sondern auch bei den schwachen Linien vorhanden.

Was die anderen Körper, wie das Eisen betrifft, dessen helle Linien gleichfalls mit den dunklen Sonnenlinien coincidiren, so hat man beobachtet, dass die Linien beider Spectra bis auf einen gewissen Grad je nach ihren Intensitäten übereinstimmen. Beobachtet man so eine gewisse helle Linie des Eisenspectrums, so ist die entsprechende dunkle Linie im andern Spectrum schwärzer in dem Maasse, als die Intensität der ersteren grösser ist. Was die Titanlinien betrifft, so ist diese Uebereinstimmung gewiss eine geringere, allein sie ist nichts desto weniger in vielen Fällen vorhanden.

Wenn es auch leichter ist, über die Existenz solcher Körper in der Sonnenatmosphäre wie das Eisen, Calcium etc., deren correspondirende Linien hinreichend stark sind, definitive Schlüsse zu ziehen, so glaube ich doch, dass man nach dem Gesagten als sehr wahrscheinlich annehmen muss, dass das Titan gleichfalls auf der Sonne vorkommt.

Zu bemerken ist noch, dass das Resultat, zu dem wir gelangt sind, keineswegs als unerwartet betrachtet werden darf, denn man weiss, dass das Titan und das Eisen oft mit einander vorkommen. So bilden sich z. B. in den Hochöfen wirkliche Krystalle, in denen Titan enthalten ist, und man findet die beiden Metalle selbst in den Meteorsteinen[1]) vereinigt. Diese letztere Thatsache zeigt uns also, dass das Titan so zu sagen wahrhaft cosmischen Ursprunges ist und dass man also seine Existenz in der Sonne als ebenso wahrscheinlich betrachten darf wie die des Eisens.

---

1) Poggendorff's Annalen. Tom. LXXIII, p. 585.

Wellenlängen der hellen Linien der Metalle, ausgedrückt in Zehntausendsteln des Millimeter.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Kalium, Ka.			
Gelb . . .	5829,0	1	
	5802,0	1	
	5782,5	1	
	5353,5	2	Breit.
Grün . . .	5338,5	2	Breit.
	5322,5	2	
Blau . . .	4827,0	3	Breit.
Indigo . .	4309,5	4	
Natrium, Na.			
Orange . .	6160,0	2	
	6154,2	2	
	5895,0	1	D_2
	5889,0	1	D_1
Gelb . . .	5687,2	3	
	5681,4	3	
Grün . . .	5154,8	3	
	5152,5	3	
	4982,5	4	Nebelig.
Lithium, Li.			
Roth . . .	6705,2	1	
Orange . .	6102,0	3	
Blau . . .	4602,7	1	Breit.
Caesium, Cs.			
Grün . . .	4971,5	1	
Rubidium, Rb.			
Orange . .	6296,5	1	
	6204,0	2	
	6160,0	3	
	6070,0	3	
Blau . . .	4776,0	4	
	4569,5	5	
Indigo . .	4551,0	5	
Violett . .	4202,0	2	Breit.
Barium, Ba.			
Roth . . .	6526,0	3	
	6496,0	1	
	6483,0	3	
Orange . .	6449,0	3	
	6343,0	3	
	6140,6	1	
	6109,9	3	
Orange . .	6062,0	3	
	6018,0	3	
	5991,5	3	
	5971,0	3	
	5904,5	5	
Gelb . . .	5852,5	1	
	5827,0	3	
	5808,5	5	
	5803,5	5	
	5779,5	3	
	5534,5	1	
	5518,5	3	
	5425,0	3	
Grün . . .	4933,4	1	
Blau . . .	4899,3	2	
Indigo . .	4553,4	1	Breit.
	4524,4	3	
Violett . .	4165,5	2	
	4130,5	1	Breit.
Strontium, Sr.			
Roth . . .	6550,0	4	
	6501,5	2	
Orange . .	6407,0	1	
	6387,0	3	
	6380,0	4	
	5970,5	5	
Gelb . . .	5850,0	5	
	5540,0	3	
	5533,5	2	
	5522,5	2	
	5503,5	2	
	5485,0	3	
	5480,0	1	
Grün . . .	5256,0	2	
	5238,5	1	
	5228,5	3	
	5225,5	3	
	5223,5	3	
	4967,5	4	
	4961,5	2	
Blau . . .	4876,0	3	
	4872,0	3	
	4831,5	3	
	4812,0	3	
	4783,5	3	
	4740,5	3	
	4721,0	3	
	4607,5	1	Breit.
Indigo . .	4305,3	1	Breit.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Violett . .	4226,3	3	
	4215,3	1	Sehr breit.
	4161,0	3	
	4078,5	1	Breit.

Calcium, Ca.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Roth . . .	6498,0	2	
	6492,1	1	
Orange . .	6468,5	2	
	6461,7	1	
	6449,0	2	
	6438,1	1	
	6168,3	2	
	6161,2	1	
	6121,2	1	
	6101,7	2	
	5856,5	3	
Gelb . . .	5601,7	4	
	5600,2	3	
	5597,2	3	
	5593,4	2	
	5589,0	4	
	5587,6	1	
	5580,8	4	
	5348,6	2	
Grün . . .	5269,4	2	E
	5264,5	3	
	5263,4	4	
	5261,2	5	
	5260,8	5	
	5188,2	3	
	5041,2	2	
Blau . . .	4877,4	3	
	4848,1	4	
	4831,8	5	
	4811,6	4	
	4607,5	4	
	4585,3	4	
	4580,8	4	
	4578,3	4	
Indigo . .	4535,5	5	
	4534,2	5	Siehe Titan.
	4532,1	5	
	4455,2	5	
	4454,0	1	
	4435,3	5	
	4434,5	1	
	4425,0	1	
	4407,7	5	
	4407,0	5	
	4405,7	5	
	4393,0	4	
	4389,4	4	
	4384,7	4	
Indigo . .	4379,1	4	
	4318,0	2	
	4306,5	3	
	4302,3	1	
	4298,5	3	
	4289,4	2	
	4282,5	2	
	4274,5	5	Siehe Chrom.
	4271,5	5	
	4253,9	5	Siehe Chrom.
	4249,8	4	
	4247,5	5	
Violett . .	4237,5	5	
	4233,0	5	
	4226,3	1	Sehr breit u. sehr stark.
	4215,3	2	
	4192,5	5	
	4188,5	4	
	4143,0	4	
	4131,5	4	
	4098,0	5	
	4095,5	5	
	4091,8	5	
	4077,0	3	
	3968,0	1	H_1
Ultraviolett	3932,8	1	H_2

Magnesium, Mg.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Gelb . . .	5527,4	1	
Grün . . .	5183,0	1	b_1 sehr stark
	5172,0	1	b_2 sehr stark
	5166,7	1	b_4 sehr stark
Blau . . .	4703,5	3	Breit und nebelig.
	4586,5	3	Breit und nebelig.
Indigo . .	4481,0	3	Breit und nebelig.

Aluminium, Al.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Orange . .	6371,0	3	
	6344,5	3	
	6244,0	2	Breit.
	6234,0	2	Breit.
Gelb . . .	5722,5	1	
	5695,5	1	
	5592,5	4	Nebelig.
Grün . . .	5056,5	1	
Blau. . . .	4662,0	1	
Indigo . .	4529,5	3	Breit und nebelig.
	4511,0	3	Breit und nebelig.
	4478,5	4	Breit und nebelig.
Ultraviol.	3961,0	2	Breit.
	3943,0	2	Breit.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Glucinium, Be.			
Blau . . .	4572,0	3	
Indigo . .	4488,5	3	
Zirconium, Zr.			
Orange . .	6343,5	3	
	6310,0	3	
	6140,5	1	
	6132,5	3	
	6127,0	1	
Gelb . . .	5384,5	4	
	5349,5	3	
Grün . . .	5190,5	3	
Blau . . .	4815,0	1	
	4771,0	1	
	4738,5	1	
	4709,5	1	
	4686,5	1	
Indigo . .	4497,5	4	
	4494,5	4	
	4443,0	4	
	4380,0	4	
	4370,0	4	
	4360,0	4	
	4242,0	4	
	4241,5	4	
Violett . .	4228,5	4	
	4209,5	4	
	4209,0	4	
	4155,0	2	
	4149,0	2	
Erbium und Yttrium, Erb.; Yt.			
Orange . .	6434,0	2	
	6235,5	5	
	6223,5	5	
	6218,0	2	Erb.
	6199,0	4	
	6190,0	2	Erb.
	6179,0	3	
	6164,0	3	
	6148,0	2	}Erb. u. Yt.
	6131,5	1	
	6112,5	5	
	6106,0	5	
	6094,0	5	
	6088,0	5	
	6071,5	4	
	6053,0	4	
	6038,0	3	
	6019,0	3	
	6003,0	2	Erb. u. Yt.
Orange . .	5988,0	2	Erb. u. Yt.
	5982,5	4	Erb.
	5971,0	1	Erb. u. Yt.
Gelb . . .	5706,5	4	
	5661,0	1	Breit.
	5646,0	4	
	5641,5	4	
	5629,5	2	
	5604,0	4	
	5594,0	4	
	5588,0	4	
	5580,5	2	
	5576,0	4	
	5567,5	4	
	5555,5	3	Erb.
	5544,0	3	
	5542,5	3	
	5527,0	1	
	5522,0	4	
	5519,0	3	
	5502,0	4	
	5496,5	2	
	5479,0	4	
	5477,5	5	
	5476,0	2	Erb.
	5473,5	4	
	5468,0	5	
	5465,5	1	
	5437,0	4	
	5401,5	1	
	5352,5	4	Erb.
Grün . . .	5345,5	4	Erb.
	5335,0	3	Erb.
	5287,5	4	
	5269,0	4	
	5264,0	4	
	5261,0	4	
	5239,0	4	
	5205,0	2	}Erb. u. Yt.
	5200,0	2	
	5195,0	4	
	5134,5	5	
	5126,5	4	
	5121,0	2	
	5117,5	3	
	5087,0	1	Erb. u. Yt.
	4981,5	4	
	4971,0	4	
	4935,0	4	Erb. Breit.
Blau . . .	4900,0	1	}Erb. u. Yt.
	4882,5	1	
	4854,0	1	
	4845,0	5	
	4842,0	5	
	4839,0	5	

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Blau	4822,0	4	
	4785,0	3	Erb.
	4760,5	4	
	4674,0	4	
	4643,0	2	
Indigo	4505,0	4	
	4422,0	2	
	4397,0	4	Erb u. Yt.
	4374,0	1	Breit.
	4357,5	3	
	4309,5	1	Breit.
Violett	4236,5	3	
	4227,0	5	
	4176,5	2	Breit.
	4167,0	3	
	4142,5	3	
	4127,0	4	
	4102,5	3	

Thorium, Th.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Gelb	5698,5	5	
	5640,0	5	
	5537,0	3	
	5446,0	3	
	5374,5	3	
Blau	4919,0	3	
	4863,5	3	
Indigo	4392,5	1	
	4381,5	1	
	4281,0	1	
	4277,5	2	
	4272,5	3	

Eisen, Fe.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Roth	6489,8	3	
Orange	6399,0	1	
	6300,3	3	
	6245,4	2	
	6229,7	2	
	6190,5	2	
	6135,6	2	
	6064,5	2	
	6023,0	3	
	6019,1	4	
	6007,5	4	
	6002,1	4	
	5986,2	4	
	5984,2	4	
	5982,8	4	
	5976,1	4	
	5974,6	4	
Gelb	5761,9	3	
	5708,3	3	
	5681,4	3	
	5661,5	3	
	5657,6	1	
	5654,4	3	
	5623,2	3	
	5614,5	1	
	5601,7	1	
	5597,2	1	
	5591,2	2	
	5585,6	1	
	5574,9	2	
	5571,7	1	
	5568,5	2	
	5505,9	3	
	5500,5	3	
	5496,6	3	
	5486,8	4	
	5454,7	1	
	5445,9	1	
	5428,8	1	
	5404,8	2	
	5403,1	2	
	5396,1	2	
	5392,3	3	
	5382,3	3	
	5370,5	1	
	5369,0	3	
	5366,5	3	
	5364,0	3	
	5361,9	4	
	5352,4	4	
	5348,6	4	
Grün	5340,2	2	
	5339,2	2	
	5327,3	1	
	5323,4	2	
	5315,9	2	
	5306,5	3	
	5301,5	3	
	5282,6	2	
	5280,9	3	
	5269,5	1	E
	5268,5	1	E
	5265,8	2	
	5262,4	4	
	5232,1	1	
	5226,2	1	
	5207,6	3	
	5203,7	3	
	5201,5	4	
	5194,1	3	
	5191,7	2	
	5190,5	4	

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Grün . . .	5171,1	4	
	5168,3	3	b_3
	5166,7	2	b_4
	5161,6	4	
	5138,6	2	
	5107,0	3	
	5064,4	4	
	5051,0	2	
	5049,4	2	
	5041,2	3	
	5040,1	3	
	5005,2	4	
	5002,0	5	
	4993,3	5	
	4990,3	4	
	4988,3	5	
	4956,7	1	Stark.
	4923,1	3	
	4919,8	1	
Blau . . .	4918,2	2	
	4890,4	1	
	4877,4	3	
	4871,3	2	
	4870,5	2	
	4859,2	4	
	4788,6	5	
	4785,8	5	
	4709,4	5	
	4708,3	5	
	4706,5	5	
	4690,8	3	
	4653,4	3	
	4632,0	3	
	4610,6	3	
	4602,6	4	
	4591,9	3	
ndigo . .	4528,3	3	
	4414,7	1	
	4404,2	1	Sehr stark.
	4382,8	1	
	4343,1	3	
	4325,2	1	Stark.
	4314,6	3	
	4307,2	1	G, stark.
	4298,5	4	
	4293,9	4	
	4286,0	4	
	4271,3	1	
	4260,0	2	
	4250,5	1	
	4249,8	1	
	4247,5	4	
Violett . .	4235,5	3	
	4233,0	3	
	4226,8	5	

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Violett . .	4221,7	5	
	4218,3	5	
	4209,9	5	
	4201,5	2	
	4198,0	1	
	4191,2	2	
	4187,2	1	
	4186,7	1	
	4181,3	4	
	4177,0	4	
	4153,8	3	
	4151,5	4	
	4148,6	4	
	4143,1	1	
	4133,9	2	
	4131,5	1	
	4117,8	2	
	4071,0	1	
	4062,9	1	
	4045,0	1	
	4004,7	3	

Mangan, Mn.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Orange . .	6020,7	1	
	6015,6	1	
	6012,5	1	
Gelb . . .	5515,6	5	
	5443,0	5	
	5419,5	3	
	5412,4	3	
	5406,5	5	
	5399,6	4	
	5393,5	4	
	5376,6	3	
	5359,0	4	
Grün . . .	5340,2	3	
	5254,1	4	
	5233,6	4	
	5195,2	4	
Blau . . .	4822,8	1	
	4782,6	1	
	4765,8	5	
	4764,7	1	
	4761,5	1	
	4760,7	5	
	4753,4	1	
	4738,0	3	
	4729,0	3	
	4726,0	3	
	4708,7	3	
Indigo. .	4503,5	5	
	4501,2	2	
	4498,2	2	
	4495,2	5	

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Indigo . .	4491,0	5	
	4489,5	3	
	4478,9	5	
	4472,4	2	
	4470,5	2	
	4464,0	3	
	4461,5	3	
	4461,0	3	
	4459,8	5	
	4457,7	3	
	4457,3	4	
	4457,0	5	
	4455,5	5	?
	4456,2	4	
	4455,2	2	
	4452,0	5	
	4450,4	3	
	4436,4	3	
	4435,3	5	
	4414,7	2	
	4280,5	3	
	4265,0	3	
	4258,2	3	
Violett . .	4234,8	1	
	4227,0	1	
	4083,5	3	
	4083,0	5	
	4079,6	3	
	4062,9	5	
	4054,4	3	
	4048,1	3	
	4040,5	3	
	4033,9	5	
	4032,8	5	
	4031,7	3	
	4029,4	2	
	3988,0	5	

Chrom, Cr.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Gelb . . .	5409,0	2	
Grün . . .	5342,5	5	
	5341,0	5	
	5318,0	5	
	5313,0	5	
	5296,6	5	
	5296,1	5	
	5274,3	4	
	5263,4	4	
	5254,1	4	
	5246,3	4	
	5207,6	1	
	5205,2	1	
	5203,7	1	
	4924,0	4	
Blau . . .	4653,9	4	
	4646,4	4	
Indigo . .	4495,2	4	
	4381,8	4	
	4369,2	4	
	4359,1	4	
	4351,8	2	
	4344,4	2	
	4338,2	2	
	4337,5	2	
	4336,8	3	
	4289,4	1	
	4274,6	1	
	4253,9	1	

Cobalt, Co.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Orange . .	6142,5	3	
	6121,2	3	
	6003,5	2	Breit.
Gelb . . .	5482,4	4	
	5452,0	3	
	5443,0	3	
	5368,0	3	
	5362,5	5	
	5359,5	5	
	5352,4	3	
	5351,2	3	
Grün . . .	5342,6	5	
	5342,1	5	
	5279,6	3	Doppelt.
	5267,2	5	
	5265,8	3	Doppelt.
	5234,4	5	
	5230,0	5	
	5212,0	5	
Blau . . .	4867,0	1	
	4839,0	1	
	4813,5	1	
	4791,7	1	
	4778,7	1	
	4748,5	4	
	4580,8	4	
Indigo . .	4530,5	4	

Nickel, Ni.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Orange . .	6175,7	3	Breit.
	6115,3	4	
	6107,5	4	
	5892,0	1	
	5856,5	4	
Gelb . . .	5475,9	3	
Grün . . .	5175,6	5	
	5168,3	5	

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Grün	5155,1	5	
	5145,7	5	
	5142,0	5	
	5136,8	5	
	5114,9	5	
	5099,7	5	
	5098,5	5	
	5080,6	5	
	5079,7	5	
	5034,6	3	
	5016,5	3	
	4983,3	5	
	4979,6	5	
	4935,1	3	
Blau	4917,6	3	
	4903,9	3	
	4872,9	1	
	4865,3	1	
	4854,7	1	
	4830,2	5	
	4828,4	5	
	4785,8	2	
	4755,0	5	
	4713,7	1	
	4647,0	5	
Indigo	4401,7	5	

Zink, Zn.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Orange	6362,5	1	
	6102,0	1	Breit.
	6022,5	2	Breit.
	5893,5	2	
Gelb	5816,0	4	
	5756,0	5	
	5745,0	5	
	5608,0	4	
	5577,5	4	
	5563,0	4	
	5465,5	4	
	5436,0	5	
Grün	5336,0	5	
	5249,5	4	
	5233,0	4	
	5158,5	4	
	5121,0	4	
	5074,0	4	
	5048,0	4	
	4971,0	4	
	4923,8	1[1]	Sehr breit u. nebelig.
Blau	4911,2	1	Sehr breit u. nebelig.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Blau	4878,0	5	
	4865,0	5	
	4809,7	1	
	4721,4	1	
	4679,5	1	

Cadmium, Cd.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Orange	6466,0	3	Breit.
	6438,0	1	
	6056,5	5	
	6003,5	5	
	5957,5	5	Nebelig.
	5913,0	5	Nebelig.
Gelb	5790,0	5	Nebelig.
	5687,0	4	Nebelig.
	5489,0	5	Nebelig.
	5471,0	4	Nebelig.
	5378,0	1	Sehr breit u. nebelig.
Grün	5337,5	1	Sehr breit u. nebelig.
	5304,5	5	
	5153,0	4	
	5085,0	1	
Blau	4799,0	1	
	4676,8	1	
Indigo	4415,5	2	

Blei, Pb.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Roth	6656,0	1	
Orange	6452,0	3	
	6059,0	5	
	6040,0	3	Breit.
	6009,0	5	
	6001,5	3	Breit.
	5895,0	5	
	5874,0	3	Breit.
	5856,5	3	
Gelb	5779,0	5	
	5607,0	1	Breit.
	5546,0	2	Breit.
	5523,5	4	
	5372,0	1	Breit.
Grün	5274,5	5	
	5206,5	5	
	5201,0	3	
	5189,0	5	
	5163,0	4	
	5045,0	2	Breit.
	5004,5	3	

[1]) Auf den Kirchhoff'schen Zeichnungen steht diese Zinklinie bei 1998,0, wofür 2000,5 gesetzt werden muss.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Blau	4802,0	5	} Nebelig.
	4796,5	5	}
	4760,0	4	
	4573,0	5	
Indigo	4401,5	5	
	4386,5	1	} Breit.
	4246,0	1	}
Violett	4167,5	3	
	4062,5	4	
	4058,0	4	

Thallium, Tl.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Orange	5947,5	3	
Gelb	5608,0	5	
	5490,0	5	
	5412,5	4	Nebelig.
	5360,0	4	
	5349,5	1	Breit.
Grün	5152,5	2	Nebelig.
	5085.0	4	
	5078,5	3	Nebelig.
	5053,0	3	
	4981,5	3	Nebelig.
	4945,5	4	
Blau	4892,0	4	
	4735,5	3	Breit.

Wismuth, Bi.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Roth	6599,0	4	
	6492,5	3	
Orange	6129,0	2	
	6056,5	2	
	6050,0	4	
	6038,5	4	
	5861,5	2	
Gelb	5816,0	3	
	5716,5	2	
	5655,0	4	
	5553,0	4	
	5450,0	2	Breit.
	5396,5	4	
Grün	5270,0	2	} Breit.
	5208,0	1	}
	5201,0	4	Nebelig.
	5143,5	1	} Breit.
	5123,5	1	}
	5090,0	5	Nebelig.
	5077,5	4	Nebelig.
	4993,0	1	
	4970,0	5	
Blau	4905,0	4	
	4796,5	4	
	4752,5	5	

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Blau	4730,0	5	
	4722,0	1	
	4705,0	5	
	4691,5	4	
	4560,0	2	
Indigo	4339,5	4	
	4327,5	4	
	4302,0	3	} Breit.
	4259,5	2	}
Violett	4119,0	4	}
	4084,5	4	}

Kupfer, Cu.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Orange	6379,7	2	
	6218,3	5	
Gelb	5781,3	2	
	5700,4	1	
Grün	5292,0	2	
	5217,1	1	
	5152,6	1	
	5104,9	1	
	5011,4	4	
	4955,5	3	} Nebelig.
	4932,5	3	}
Blau	4911,5	3	}
	4703,0	3	
	4650,7	3	
Indigo	4275,0	3	

Quecksilber, Hg.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Orange	6151,0	1	
	5888,0	2	
	5871,0	4	
Gelb	5789,5	1	
	5768,0	1	
	5678,0	2	
	5595,0	3	
	5460,5	1	Breit.
	5426,0	2	
	5364,5	4	} Nebelig.
Grün	5278,5	5	}
	5217,0	5	}
	5206,0	4	}
	5151,0	4	}
	4958,0	3	
Blau	4916,0	4	
Indigo	4358,0	1	Breit.
Violett	4078,5	3	
	4047,0	3	
	3982,0	4	

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Silber, Ag.			
Orange . .	6036,0	5	
Gelb . . .	5656,0	4	Nebelig.
	5645,0	4	
	5625,5	4	
	5622,5	2	Breit.
	5610,5	4	
	5590,0	4	Nebelig.
	5568,0	4	
	5556,5	5	
	5551,5	2	
	5522,0	4	Nebelig.
	5486,5	5	
	5470,0	2	
	5464,0	1	
	5423,5	3	Nebelig.
	5411,0	5	
	5401,5	2	Breit.
Grün . . .	5299,0	3	
	5208,7	1	
Blau . . .	4874,0	2	
	4666,5	4	
Indigo . .	4475,0	4	
Gold, Au.			
Orange . .	6276,5	2	
	5960,0	3	
	5955,0	3	
Gelb . . .	5836,0	1	
Grün . . .	5230,0	1	
Blau . . .	4792,0	3	
Zinn, Sn.			
Orange . .	6452,0	1	Breit.
Gelb . . .	5798,0	1	
	5680,0	2	
	5588,5	1	Breit.
	5562,5	1	
	5368,5	5	
	5347,5	4	
Grün . . .	5332,0	2	Breit.
	5289,5	5	
	5224,0	4	
	5100,5	3	
	5021,0	5	
	4923,0	4	
Blau . . .	4858,0	3	
	4584,5	2	
Indigo . .	4524,0	1	Breit.
Platin, Pt.			
Roth . . .	6522,0	3	
Orange . .	5963,5	3	
Gelb . . .	5845,0	4	
	5837,0	4	
	5806,0	4	
	5478,0	4	
	5475,5	4	
	5389,5	3	
	5367,5	2	
	5301,5	1	
	5226,0	2	
	5198,0	4	
	5059,5	2	
Blau . . .	4879,0	4	
	4851,5	4	
	4803,0	4	
Indigo . .	4551,8	2	Breit.
	4498,2	2	
	4442,0	4	
	4389,4	4	
	4327,0	4	
Palladium, Pd.			
Orange . .	6129,0	5	
Gelb . . .	5694,0	3	
	5668,0	3	
	5651,0	4	
	5640,0	4	
	5618,0	3	
	5546,0	3	
	5542,0	3	
	5394,0	2	
	5361,5	4	
Grün . . .	5345,0	4	
	5312,6	4	
	5295,0	1	
	5257,0	4	
	5233,5	2	
	5208,0	4	
	5163,0	2	
	5116,5	2	
	5110,0	2	
Blau . . .	4874,5	3	
	4817,0	3	
	4787,0	3	
Indigo . .	4473,5	3	
	4278,0	5	Breit.
Violett . .	4212,5	2	
Cerium, Ce.			
Gelb . . .	5654,0	5	
	5600,0	5	
	5564,0	5	
	5511,0	2	

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Gelb . . .	5472,0	3	
	5467,0	4	
	5463,0	5	
	5408,5	2	
	5392,5	2	
	5352,0	1	
Grün . . .	5330,0	3	
	5273,0	1	
	5190,5	4	
	5187,0	3	
	5161,0	5	
	5079,0	3	
	5072,0	4	
	4970,0	5	
Blau . . .	4713,5	2	Breit.
	4628,0	1	
	4624,0	5	
	4605,5	5	
	4594,0	3	
	4582,5	5	
	4578,5	5	
	4572,5	1	
	4564,5	5	
	4562,0	1	
	4560,5	2	Breit.
Indigo . .	4539,5	2	
	4527,5	2	Breit.
	4526,5	1	
	4523,0	2	
	4486,0	5	
	4482,5	5	
	4479,0	5	
	4471,5	2	Breit.
	4467,0	5	
	4462,5	5	
	4459,5	1	Breit. (4459,5–4448,5)
	4448,5	3	
	4443,5	3	
	4428,0	2	
	4419,0	2	
	4410,0	5	
	4398,5	5	
	4391,5	2	
	4385,5	2	
	4382,0	2	
	4365,0	5	
	4296,0	1	Breit. (4296,0–4149,0)
	4289,0	1	
Indigo . .	4185,5	3	
	4165,0	4	
	4149,0	4	
	4136,5	4	
Indigo . .	4132,5	4	
	4127,0	5	
	4124,0	5	

Didym u. Lanthan, Di., La.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Orange . .	6346,0	5	Di.
	6292,5	5	Di u. La.
	5973,5	5	
	5963,5	5	
Gelb . . .	5805,5	5	
	5797,0	5	
	5790,0	4	
	5768,0	5	
	5500,0	3	
	5454,0	2	
	5381,0	3	
	5376,5	3	
Grün . . .	5339,0	4	
	5337,5	3	
	5303,0	2	Breit, Di u. La.
	5270,0	4	
	5257,5	5	
	5252,0	4	Di.
	5233,5	4	
	5225,0	5	
	5211,0	4	
	5203,5	4	
	5187,5	1	
	5182,0	1	
	5177,0	4	
	5157,0	4	
	5144,0	4	
	5130,5	3	Di.
	5122,5	3	
	5114,0	3	
	5055,5	5	
	4999,5	4	
	4968,0	4	
	4950,0	4	
	4934,0	4	
	4920,0	1	Di u. La. (4920,0–4857,5)
Blau . . .	4900,0[1]	1	
	4882,5[1]	1	
	4860,0	4	
	4857,5	4	
	4823,0	4	
	4811,0	4	
	4802,0	4	
	4747,0	3	
	4741,5	3	
	4739,0	5	

[1]) Vergl. Erb. u. Yt.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Blau . . .	4702,5	3	
	4691,0	1	
	4671,0	2	
	4668,0	2	
	4663,5	1	
	4661,0	2	
	4654,5	1	Breit.
	4619,5	1	
	4613,5	2	
	4559,0	2	Breit.
Indigo . .	4525,0	2	
	4521,5	1	Di u. La.
	4430,0	1	Breit, Di u. La.
	4354,5	4	
	4335,0	1	
	4295,5	2	Breit, Di u. La
	4287,5	2	
	4268,0	2	
	4262,5	1	Di u. La.
Violett . .	4237,0	1	
	4217,0	4	
	4196,0	4	
	4192,5	4	
	4141,5	4	
	4123,5	4	

Uranium, U.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Orange . .	5913,0	2	
Gelb . . .	5619,0	3	
	5579,0	3	
	5562,5	3	
	5527,0	1	
	5509,0	3	
	5493,5	1	
	5481,5	1	
	5479,5	1	
	5477,0	1	
	5474,5	1	
	5384,0	3	
Grün . . .	5027,0	3	
Blau . . .	4731,0	3	
	4723,0	3	
Indigo . .	4543,0	2	
	4472,5	1	
	4393,5	3	
	4374,0	3	
	4362,0	1	
	4340,5	1	

Titan, Ti.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Roth . . .	6555,7	4	
	6542,8	5	
Orange . .	6260,2	2	
	6257,4	1	Breit.
	6220,9	3	
	6214,1	3	
	6125,2	2	
	6097,4	3	
	6090,4	2	
	6083,2	3	
	6064,5	2	
	5998,7	2	
	5978,0	1	
	5965,3	1	
	5951,8	1	
	5921,5	3	
	5918,9	3	
	5899,0	1	
	5865,3	1	
Gelb . . .	5738,0	3	
	5714,0	4	
	5701,5	5	Nebelig.
	5688,5	2	
	5679,0	3	
	5674,4	1	
	5661,5	1	
	5647,0	4	
	5643,0	1	
	5629,0	5	
	5597,2	5	Nebelig.
	5564,6	3	
	5513,4	1	
	5511,8	1	
	5502,8	2	
	5488,9	2	
	5486,8	3	
	5480,2	2	
	5476,5	3	
	5473,3	3	
	5470,5	4	
	5448,0	3	
	5445,8	4	
	5428,6	2	
	5425,0	3	
	5417,9	4	
	5408,6	2	
	5403,1	3	
	5396,1	2	
	5380,2	3	Breit.
	5368,8	2	
	5350,5	2	
Grün . . .	5336,8	1	
	5298,5	3	
	5296,7	1	
	5295,5	3	
	5287,8	4	
	5282,8	1	

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen.	Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Grün . . .	5271,5	4		Grün . . .	5001,0	4	
	5267,2	4			4998,8	1	
	5265,0	2			4990,3	1	
	5262,9	4			4988,3	3	
	5259,6	4			4981,0	1	
	5255,0	4			4977,8	3	
	5251,0	4			4975,2	4	
	5246,3	2	} Breit.		4972,2	5	
	5238,5	2			4967,7	5	
	5226,0	8	[1]		4964,5	5	
	5223,0	1	Breit.		4947,0	5	
	5217,5	4			4937,2	2	
	5209,5	1	Breit.		4927,5	2	
	5205,5	3			4925,0	4	
	5200,5	3			4920,8	3	
	5191,3	1			4919,0	3	
	5188,3	2		Blau . . .	4913,2	3	
	5185,1	3			4911,3	3	
	5173,0	2			4903,9	4	
	5153,2	3			4899,3	2	
	5151.2	2			4884,5	1	
	5147,0	3			4873,0	4	
	5144,5	2			4869,0	2	
	5128.6	1			4867,5	2	
	5126,6	4			4855,0	2	
	5119,9	1			4848,0	3	
	5113,0	2			4840,0	2	
	5108,6	4			4835,0	4	
	5102,4	4			4819,5	2	Breit.
	5086,5	2	} Breit.		4804,3	1	
	5076,5	4			4797,5	4	
	5071,8	4			4791,6	2	
	5065,5	4			4779,0	3	
	5064,4	1			4758,5	1	
	5061,3	3			4757,0	1	
	5052,3	3			4741,8	2	
	5043,4	3			4722,8	2	
	5039,2	2			4709,0	2	
	5038,0	2			4698,0	2	
	5035,6	1			4690,6	2	
	5024,8	3			4681,5	2	
	5023,8	3			4666,5	2	
	5021,2	8			4656,0	1	Breit.
	5019,4	2			4644,0	4	
	5015,3	2			4638,8	1	Breit.
	5013,3	1			4629,0	3	
	5012,2	4			4623,0	2	
	5006,0	1			4616,7	2	

[1] Die entsprechende Linie im Sonnenspectrum, die sich gewöhnlich als eine einzige aber sehr starke Linie zeigt, theilt sich, sobald man die Dispersion des Spectroscopes bedeutend vermehrt, in drei besondere Linien, wovon die stärkste zum Eisen und die eine der anderen Linie zum Titan gehört.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Blau	4571,5	1	Breit.
	4563,2	2	
	4555,3	3	
Indigo	4551,8	3	
	4548,9	1	Breit.
	4543,5	3	
	4535,5	1	Sehr breit.
	4532,0		
	4526,1	1	
	4521,9	3	
	4517,5	3	
	4511,5	3	
	4500,7	1	Breit.
	4496,1	2	
	4481,0	3	
	4468,5	1	
	4457,5	2	
	4455,0	2	
	4452,5	2	
	4449,5	2	
	4446,5	2	
	4443,0	1	Breit.
	4426,8	1	
	4417,8	2	
	4411,0	3	
	4403,0	3	
	4398,5	3	
	4393,0	1	Breit.
	4337,5	1	
	4328,5	2	Breit.
	4320,0	5	
	4318,0	5	
	4313,5	5	
	4312,5	5	
	4307,5	5	
	4305,0	2	
	4299,0	1	Breit.
	4295,0	5	
	4293,8	5	
	4290,7	2	Breit.
	4287,0	5	
	4282,0	5	
	4273,0	5	
	4263,0	2	
Violett	4236,5	2	
	4185,0	3	
	4171,0	1	Breit.
	4163,0	1	

Wolfram, Wo.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Gelb	5805,0	4	
	5733,0	3	
	5648,0	4	
	5631,5	5	

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Gelb	5513,0	1	
	5491,5	2	
Grün	5223,0	1	
	5070,5	3	
	5068,0	3	
	5053,0	1	
	5014,0	3	
	5007,0	3	
	4981,0	4	
Blau	4887,5	2	
	4842,0	1	
	4680,5	5	
	4660,5	5	
	4659,5	5	
Indigo	4302,0	3	
	4295,0	3	
	4269,0	3	

Molybdän, Mo.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Orange	6029,0	1	
	5887,5	1	
	5856,5	2	
Gelb	5791,0	3	
	5750,0	3	
	5687,5	3	
	5649,0	4	
	5631,0	4	
	5569,0	1	
	5540,0	5	
	5531,5	1	
	5505,0	1	
	5360,0	4	Breit.
Grün	4979,0	5	
Blau	4867,5	4	Breit.
	4829,5	4	
	4818,0	4	
	4757,5	4	
	4730,5	4	
	4706,5	4	
Indigo	4536,0	4	
	4475,0	4	
	4433,5	4	
	4411,5	4	
	4380,5	4	
	4326,0	4	
	4277,5	3	Breit.

Vanadium, Va.

Farbe der Linien	Wellen-länge	Intensität	Bemerkungen
Orange	6140,5	3	
	6134,4	4	
	6119,0	1	
	6109,5	4	
	6089,0	1	

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Orange	6080,0	4	
Orange	6039,0	1	
Gelb	5786,0	4	
Gelb	5725,0	1	
Gelb	5706,0	4	
Gelb	5702,5	3	
Gelb	5697,5	2	
Gelb	5668,0	3	
Gelb	5626,0	3	
Gelb	5622,5	3	
Gelb	5414,0	3	
Gelb	5401,0	4	
Grün	5240,0	3	
Grün	5233,0	3	
Grün	5195,0	4	
Grün	5191,5	4	
Blau	4881,0	3	
Blau	4874,5	3	
Blau	4864,0	4	
Blau	4851,0	5	
Blau	4843,0	3	Breit.
Blau	4831,5	5	
Blau	4593,0	3	
Blau	4585,0	4	
Blau	4579,0	5	
Blau	4576,0	5	
Blau	4459,0	2	Breit.
Indigo	4407,5	1	Breit.
Indigo	4406,0	4	
Indigo	4400,5	5	
Indigo	4395,0	3	
Indigo	4389,0	2	
Indigo	4384,0	1	
Indigo	4379,0	1	Breit.
Indigo	4352,5	5	
Indigo	4340,5	5	
Indigo	4332,5	5	
Indigo	4329,5	5	
Indigo	4310,0	5	
Indigo	4297,0	4	
Indigo	4292,5	5	
Indigo	4283,5	5	
Indigo	4277,0	5	
Indigo	4272,0	4	
Indigo	4268,5	4	
Violett	4110,0	3[1]	

Osmium, Os.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Indigo	4422,0	4	

Antimon, Sb.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Orange	6301,5	2	
Orange	6244,5	4	
Orange	6209,0	4	
Orange	6193,0	4	
Orange	6155,0	4	
Orange	6128,5	1	
Orange	6078,0	1	
Orange	6051,0	4	
Orange	6003,5	1	
Orange	5979,5	4	
Orange	5909,0	2	Breit.
Orange	5893,5	2	Breit.
Gelb	5791,5	4	Nebelig.
Gelb	5638,0	2	Breit.
Gelb	5607,0	5	
Gelb	5567,0	2	Breit.
Gelb	5463,5	3	Breit.
Gelb	5379,0	3	Breit.
Gelb	5371,5	5	
Gelb	5352,5	5	Nebelig.
Grün	5241,5	3	Breit.
Grün	5208,0	5	
Grün	5177,0	3	Nebelig.
Grün	5141,0	4	Nebelig.
Grün	5112,5	4	Nebelig.
Grün	5036,0	5	
Grün	4948,5	2	Breit.
Blau	4877,5	3	Breit.
Blau	4835,0	4	Nebelig.
Blau	4786,0	4	Nebelig.
Blau	4734,5	4	
Blau	4711,0	2	Breit.
Blau	4691,0	3	
Blau	4591,5	3	Breit.
Indigo	4352,0	2	Breit.
Indigo	4265,0	3	Breit.

Arsenic, As.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Orange	6169,5	2	
Orange	6110,0	2	Breit.
Orange	6021,5	4	
Gelb	5651,0	2	Breit.
Gelb	5558,0	2	Breit.
Gelb	5498,0	3	Breit.
Grün	5331,5	3	Breit.

Tellur, Te.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Orange	6437,0	1	

[1]) Mehrere Linien, aber sehr schwache, finden sich zwischen 4130 und 4085.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Orange . .	6046,0	3	
	6012,5	3	
	5973,0	1	
	5935,0	2	
	5856,5	4	
Gelb . . .	5852,0	4	
	5825,0	4	} Nebelig.
	5805,5	4	}
	5781,0	3	
	5755,0	1	
	5741,0	5	
	5706,5	1	
	5647,0	1	
	5616,0	4	
	5574,0	2	
	5488,0	3	
	5477,5	3	
	5447,5	2	
	5408,5	4	
	5366,0	3	
Grün . . .	5310,0	3	
	5299,0	5	
	5217,0	2	Breit.
	5172,0	5	
	5152,0	3	
	5133,0	5	Nebelig.
	5104,5	3	
	5035,0	4	
Blau . . .	4895,0	5	} Nebelig.
	4866,5	4	}
	4832,0	5	}
	4785,0	5	}
	4603,5	4	

Indium, In.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Indigo . .	4531,5	2	Sehr breit u. nebelig.
	4509,5	1	
Violett . .	4101,0	1	Breit.

Spectrum der Luft, Aer.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Roth . . .	6602,0	3	
	6561,8	1	C, breit.
	6479,5	3	
Orange . .	6170,5	3	Breit.
	5949,0	4	
	5941,5	1	Breit.
	5932,0	1	
	5929,5	4	
Gelb . . .	5767,0	4	
	5745,0	4	
	5711,0	3	
	5685,5	3	
	5678,0	1	Breit.
	5674,5	3	
	5666,0	1	
	5549,0	4	
	5541,0	3	
	5534,0	1	
	5530,0	3	
	5495,0	2	
	5479,0	3	
	5461,5	4	
	5453,0	4	
	5351,0	5	
Grün . . .	5339,5	5	
	5320,0	5	
	5189,5	4	
	5184,5	5	
	5178,0	4	
	5172,0	5	
	5045,0	1	Breit.
	5025,0	2	
	5016,0	3	
	5010,0	3	
	5006,5	4	
	5005,0	1	} Breit.
	5002,0	1	}
	4993,5	3	
	4987,0	3	
	4941,0	4	
	4914,0	4	
Blau . . .	4906,0	4	
	4895,5	4	
	4803,0	1	
	4788,0	1	
	4779,0	1	
	4712,0	4	
	4706,5	2	
	4698,0	2	
	4675,0	4	
	4661,5	4	
	4649,0	2	
	4642,0	1	
	4640,0	3	
	4630,5	1	Breit.
	4621,0	2	
	4613,0	2	
	4606,5	2	
	4601,0	2	
	4596,0	3	
	4590,5	3	
Indigo . .	4446,5	1	Breit.
	4432,0	3	Breit und nebelig.
	4418,0	1	
	4414,5	1	
	4368,0	4	Nebelig.
	4350,5	3	
	4347,5	1	Breit.

Farbe der Linien	Wellenlänge	Intensität	Bemerkungen
Indigo . .	4346,0	3	
	4333,0	3	Breit und nebelig.
	4319,0	2	
	4316,5	2	
Violett . .	4230,0	2	Breit und nebelig.
	4189,5	3	
	4184,5	3	
	4155,0	5	Nebelig.
	4149,0	5	
Violett . .	4137,0	4	Breit und nebelig.
	4123,0	3	
	4075,5	3	
	4074,0	3	Nebelig.
	4071,5	3	
	4069,5	3	
	4040,0	4	
	3995,0	4	

Kleinere Mittheilungen.

Influenz-Electrisirmaschine von Carré & Winter.

(Hiezu Tafel II. Fig. 1—3.)

Die Influenzmaschinen der Herren Carré und Winter sind eine Verbindung des Holtz'schen Principes mit der Reibungsmaschine.

Der Apparat, welchen Carré im December 1868 der Pariser Academie vorzeigte, ist auf Taf. II. Fig. 3 dargestellt. Die Scheibe AA wird durch die Reibkissen bei C electrisirt und wirkt so beim Drehen influencirend auf die grössere und rascher rotirende Scheibe BE. Vor dieser letzteren Scheibe befinden sich diametral einander gegenüber die beiden Spitzenkämme D und F, wovon F mit dem feststehenden grossen Conductor ff, D mit dem beweglichen Conductor L in Verbindung steht. Die Maschine unterscheidet sich von der Bertsch'schen (Rep. III. p. 229 ff.) dadurch, dass anstatt des bei letzterer Maschine fest hingestellten einmal electrisirten Hartgummisectors bei der Carré'schen die beständig neu electrisirte Scheibe AA influencirend auf die Scheibe BE einwirkt.

Schon weit früher als Carré seine Maschine der Pariser Academie producirte, sandte uns Herr Prof. Pisko eine Zeichnung der Winter'schen Maschine, bei welcher gleichfalls die eigentliche Influenzmaschine durch eine kleine Reibungsmaschine erregt wird. Wir benützen desshalb diese Gelegenheit, um auch die Zeichnung des Winter'schen Apparates, so gut uns dieselbe vorlag, auf Taf. II. Fig. 1 und 2 wiederzugeben. C.

Billiges Goldblattelectroscop.

Ein Kochfläschchen, wie sie die Chemiker gebrauchen, verschliesst man mittelst eines Kautschukpfropfens mit einem centralen Loche. Durch dieses Loch lässt man einen Messingdraht hindurchgehen, der am unteren Ende die Goldblättchen trägt, oben in eine Messingkugel

endigt, und hat so das fertige Electroscop. Gut ist es den Hals des Kochfläschchens mit Schellackfirniss dick zu überziehen. Anstatt des Goldblättchens kann man auch ganz feinen Aluminiumdraht mit Erfolg anwenden. C.

Die erdmagnetischen Elemente für Göttingen 1867 Juli 9 nebst Säcularvariationen.

Von F. Kohlrausch.

(Poggendorff's Annalen 1869 Nr. 9.)

Als Mittel aus achttägigen Beobachtungen um $2\frac{1}{2}$, $10\frac{1}{2}$ und $18\frac{1}{2}$ Uhr hat sich, nach Anbringung der aus dem mittleren täglichen Gang berechneten kleinen Correctionen auf das Tagesmittel für 1867 Juli 9 und den Ort 51° 31′,8 nördl. Breite und 9° 56′,6 östl. von Greenw. ergeben;

die westliche Declination 14° 51′,7
die Inclination 66° 47′,4
die horizontale Intensität 1,8412.

Aus den frühern Beobachtungen ergiebt sich hieraus die Säcularvariation, und zwar wird für das Jahr 1867,52+t dargestellt die

westl. Declination durch $14^0\,51',7 - 8',843\ .t - 0',05349\ .t^2$
Inclination „ $66^0\,47',4 - 1',816\ .t + 0',01341\ .t^2$
horiz. Intensität „ $1,8412 + 0,00335\,.t + 0,0000336\,.t^2$

Interessant ist hierbei für die Intensität, dass wenige Jahre, bevor ihre Messung nach absolutem Maasse durch Gauss zum ersten Male ausgeführt wurde, nämlich im Jahre 1817 die Intensität für Göttingen ein Minimum = 1,756 hatte.

Die gute Uebereinstimmung zwischen den Formeln und den früheren Beobachtungen zeigt sich in den Differenzen, welche als beobachtet minus berechnet angegeben werden sollen.[1])

Declination		Inclination		Hor. Intensität	
1835	−1′,8	1805	−1′,2	1834	±0,0000
1838	+1′,8	1826	+5′,6	1839	+0,0004
1841	+1′,8	1837	−3′,7	1840	−0,0013
1845	±0′,0	1841	−0′,4	1841	+0,0004
1849	+0′,5	1842	±1′,7	1853	+0,0003
1857	−2′,2	1852	+1′,1		

Ueber den Gangunterschied und das Intensitätsverhältniss der bei der Reflexion an Glasgittern auftretenden parallel und senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Strahlen.

Von L. Ditscheiner.

(Wiener Academischer Anzeiger. 1869. Nr. XIX.)

In dieser Abhandlung werden die verschiedenen Aenderungen, welche die parallel und senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Componenten eines einfallenden linear polarisirten Strahles bei der neben

1) Vgl. Astr. Nachr. Bd. 72, S. 319.

der Reflexion auftretenden Beugung erfahren, einer näheren Untersuchung unterworfen.

Die Methode der Untersuchung ist eine derjenigen ganz ähnliche, welche früher zur Untersuchung des gewöhnlich reflectirten Lichtes benützt wurde. Die Veränderungen nämlich, welche die in den Beugungsspectra auftretenden dunklen Interferenzstreifen erfahren, welche eine parallel zur optischen Axe geschnittene Quarzplatte zwischen polarisirenden Vorrichtungen zeigt, gegenüber jenen im einfallenden Strahl sowohl bezüglich ihrer Lage als auch bezüglich der zur Herstellung vollkommen dunkler Interferenzstreifen nothwendigen Drehung des Analyseurs lassen einen Schluss sowohl auf den bei der Beugung eingetretenen Gangunterschied als auch auf die verschiedene Schwächung der beiden Componenten zu.

Diese Aenderungen sind namentlich auffallend bei Einfallswinkel in der Nähe des Polarisationswinkels. So deutet für einen bestimmten Einfallswinkel die verschiedene Lage der Interferenzstreifen in einigen der Beugungsspectra auf einen Gangunterschied nahe gleich einer halben Wellenlänge, während derselbe in anderen Spectra nahezu Null ist. Bei einem bestimmten Beugungswinkel, der zwischen denjenigen liegt, welchen diese Grenzwerthe des Gangunterschiedes zukommen, macht der Gangunterschied, ähnlich wie in der Nähe des Polarisationswinkels bei der gewöhnlichen Reflexion, einen raschen Sprung. Die für die verschiedenen Spectra oft ganz wesentlich verschiedenen Drehungen, welche mit dem Analyseur zum Auftreten vollkommen scharfer Interferenzstreifen vorgenommen werden müssen, erweisen die ganz verschiedene Intensität der beiden senkrecht zu einander polarisirten Componenten, selbst wenn diese im einfallenden Strahl vollkommen gleich waren. Die senkrecht zur Einfallsebene polarisirte Componente erscheint, ebenso wie bei der gewöhnlichen Reflexion, stets mehr geschwächt, wie die parallel zur Einfallsebene polarisirte.

Als ausgewähltes Beispiel mag folgende, für einen Einfallswinkel von 60^0 ausgeführte Versuchsreihe dienen. In der ersten Columne geben die römischen Ziffern an, in dem wie vielsten Beugungs-Spectrum, von dem gewöhnlich reflectirten Strahle als Mitte aus gerechnet, die Beobachtung vorgenommen wurde, während die beiden Buchstaben l und r die linke oder rechte Seite bezeichnen. Ferner ist α_1 der Beugungswinkel, d. i. jener, welchen die gebeugten Strahlen mit der Normalen des Gitters bilden, δ der beobachtete Gangunterschied und β der Winkel, welchen der Hauptschnitt des Analyseurs mit der Einfallsebene bilden muss, sollen die Interferenzstreifen vollkommen scharf und dunkel erscheinen.

	α_1	δ	β
Il	77^0 55′	0	19^0 0′
O*	60 0	0	4 35
Ir	48 57	$\frac{\lambda}{2}$	5 20
IIr	39 58	$\frac{\lambda}{2}$	17 20
IIIr	32 10	$\frac{\lambda}{2}$	22 25

Anleitung zur Vergleichung von Längenmaassen und zur Ermittlung deren Fehler.

Von

A. Martins.

Die Einführung des neuen Maasssystems gibt vielfach Veranlassung Längenmaasse, speziell Metermaassstäbe und deren Unterabtheilungen zu vergleichen, respective deren Fehler zu bestimmen. Sollen Längenunterschiede mit einiger Genauigkeit bestimmt werden, so bedarf es zuvörderst einer gleichmässigen Erwärmung, und der Berücksichtigung des Ausdehnungscoefficienten des verwendeten Materials, sodann aber eines Apparats mit mindestens 2 Ablesungsmikroskopen, welche in verschiedenen Abständen von einander, mit einem Schlitten fest verbunden werden können, der sich auf einer geradlinigen Bahn, parallel mit der Längslinie des Maassstabs verschieben und fein einstellen lässt.

Es genügt zwar in den meisten Fällen, wenn nur eins der Mikroskope mit einem Schraubenmikrometer versehen ist, jedoch hat es mehrfache Vortheile, wenn beide Mikroskope ganz gleichartig sind; schon um der Abstimmung der Vergrösserung willen.

Die Vergrösserung der Mikroskope ist so zu wählen, resp. durch Verlängern oder Verkürzen des Rohrs so abzustimmen, dass 10 Schraubenumdrehungen einem Millimeter entsprechen. Ein Theilstrich des hunderttheiligen Schraubenkopfes entspricht dann $0{,}001^{mm}$ und lässt sich durch Schätzung mit einiger Sicherheit $0{,}0001^{mm}$ ablesen. Die Nummerirung der Theilstriche der Schraubenköpfe ist so anzuordnen, dass kleinere Ablesungszahlen kleineren Intervallen entsprechen, so dass ein zu kleines Intervall einer Pluscorrectur bedarf.

Um von vornherein jedem Zweifel über die Benutzung der Zeichen plus und minus zu begegnen, wird daran festzuhalten sein, dass unter **Correctur** eines Intervalls oder des Theilstrichs, welcher dasselbe abschliesst, immer die erforderliche Vermehrung oder Verminderung der vorhandenen Grösse zur Herstellung der Sollgrösse zu verstehen

ist, während der Fehler eines Maasses, oder seine reduzirte Länge, des entgegengesetzten Zeichens bedarf, indem die Solllänge, vermehrt oder vermindert um eine gewisse Grösse, die vorhandene Länge gibt.

Beispielsweise hat ein um $0{,}01^{mm}$ zu kurzer Stab die Correctur $+\ 0{,}01^{mm}$; seine reduzirte Länge ist jedoch $-\ 0{,}01^{mm}$, das heisst der Stab ist gleich $1^{m} - 0{,}01^{mm}$.

Zum Vergleichen der Längen zweier Maassstäbe können entweder die beiden Mikroskope von einander getrennt so aufgestellt werden, dass sie auf den Anfangs- und Endstrich des einen Stabes gerichtet sind, den man dann durch den anderen Stab vertauscht, oder man legt beide Stäbe nebeneinander, richtet auf jeden eins der Mikroskope, welche so nahe wie möglich aneinander zu bringen sind, und verschiebt dann den beide Mikroskope tragenden Schlitten. Waren die Mikroskope auf die Anfangsstriche beider Stäbe eingestellt, so lässt sich nach der Verschiebung nach dem Ende, wenn die Einstellung des Schlittens nach dem einen Mikroskop erfolgt ist, am anderen unmittelbar der Längenunterschied ablesen.

Die zweite Methode hat den Vorzug, dass die nebeneinanderliegenden Maassstäbe in kurzer Zeit dieselbe Temperatur annehmen, und dass ohne Störung derselben die Vergleichungen beliebig oft wiederholt werden können; auch lassen sich dieselben ohne Weiteres auf die Unterabtheilungen ausdehnen.

Wenden wir uns dieser letzten Methode zu, so besteht das praktische Verfahren darin, dass man zuerst die Anfangsstriche der Längen $A \ldots Z$ und $A' \ldots Z'$ unter die beiden Mikroskope a und a' bringt und genau einstellt, sodann den Schlitten verschiebt bis a auf Z genau einsteht, und dann die Abweichung in a' von Z' mittelst des Mikrometers misst. Die erforderte Verstellung der Ocularfäden von a' gibt am Schraubenkopfe unmittelbar die Längendifferenz. Aus dieser Differenz lässt sich dann die Correctur für $A' \ldots Z'$ ableiten, sobald $A \ldots Z$ eine bekannte Grösse ist.

Nehmen wir z. B. an $A \ldots Z$ habe die reduzirte Länge $-\ 0{,}01^{mm}$, bedürfe also der Correctur $+\ 0{,}01^{mm}$; bei der Einstellung von a' auf A' wäre am Schraubenkopf abgelesen 56 (worunter hier wie in der Folge Taùsendtel Millimeter zu verstehen sind); bei der Einstellung von a' auf Z^1 hätte die Ablesung ergeben 69; so folgt daraus für Z', oder für die Länge $A^1 \ldots Z^1$ im Vergleiche mit $A \ldots Z$, die Correctur $-\ 13$.

Das heisst $A' \ldots Z'$ ist 13^t länger als $A \ldots Z$. Da $A \ldots Z$ jedoch die Correctur $+ 0{,}01^{mm}$ oder 10^t hat, also zu kurz gegen die Solllänge ist, so ergibt sich für $A' \ldots Z'$ die Correctur $- 3^t$ $(+ 10 - 13)$. Danach ist $A' \ldots Z' = 1^m + 0{,}003^{mm}$; oder die Reduction des Nominalwerthes von $A' \ldots Z'$ ist $+ 0{,}003^{mm}$; während die Correctur für $Z' - 0{,}003^{mm}$ ist.

Ganz in derselben Weise kann selbstverständlich mit dem Begrenzungsstriche eines jeden beliebigen Intervalls verfahren werden, sobald die Correcturen für sämmtliche Theilstriche von $A \ldots Z$ gegeben sind. Sollen jedoch die Fehler der Unterabtheilungen direct bestimmt werden, so geschieht dies durch Halbirung, Dreitheilung oder höchstens Fünftheilung, zuerst der ganzen Länge, und dann nach und nach auf kleinere Intervalle übergehend. Man verfährt dabei wie folgt.

Denken wir uns zuvörderst eine Länge $A \ldots Z$, deren Anfangs- und Endstrich richtig sind, in 5 Theile getheilt: $A \ldots 1$, $1 \ldots 2$, $2 \ldots 3$, $3 \ldots 4$ und $4 \ldots Z$, die wir der Einfachheit wegen 1 bis 5 bezeichnen wollen; so würde diese Theilung ganz richtig sein, wenn jeder Theil $= \frac{A \ldots Z}{5}$ wäre. Man erhält dann durch Aneinanderlegen oder durch Addition:

1) $\frac{A \ldots Z}{5}$ oder wenn $A \ldots Z = 85^t$ 1) 17

2) $\frac{2\, A \ldots Z}{5}$ also $\frac{A \ldots Z}{5} = 17^t$*) 2) 34

3) $\frac{3\, A \ldots Z}{5}$ 3) 51

4) $\frac{4\, A \ldots Z}{5}$ 4) 68

5) $\frac{5\, A \ldots Z}{5} = A \ldots Z$ 5) 85

Es ergäbe nun aber die Nachmessung einer vorhandenen Scala von gleicher Länge, mittelst der beiden an dem vorerwähnten Schlitten, und zwei in der Theilungslinie befestigten Mikroskopen die

*) Anmerk. Selbstverständlich sind bei der Messung grösserer Intervalle zu den Theilen des Kopfes auch volle Umgänge hinzuzudenken, welche, weil ohne Einfluss auf die Rechnung, hier wie in der Folge fortgelassen sind.

Bei Ablesungen um Null herum werden Irrthümer ausgeschlossen, wenn man für Null Hundert abliest.

Ablesungen	so gibt die Addition	statt der Sollwerthe	daher die Correctur
1) 8	8	17	für 1) + 9
2) 10	18	34	2) + 16
3) 34	52	51	3) — 1
4) 26	78	68	4) — 10
5) 7	85	85	5) 0

I.

Zu demselben Resultat gelangt man, wenn man der Abweichung jedes Theils von seiner Solllänge die Abweichung des vorhergehenden Theiles hinzufügt. Auf diesem einfacheren Wege erhält man:

Ablesungen	Abweichung von $\frac{A \ldots Z}{5} = 17^t$	Correctur (durch Addition)
1) 8	+ 9	+ 9
2) 10	+ 7	+ 16
3) 34	— 17	— 1
4) 26	— 9	— 10
5) 7	+ 10	Endstrich 0
$A \ldots Z = 85$		

II.

In den seltensten Fällen wird jedoch die Länge eines Maassstabs seiner Solllänge genau entsprechen. Hat z. B. $A \ldots Z$ die Correctur $+ 0{,}01^{mm}$, und wir hätten ohne Rücksicht hierauf die 5 Unterabtheilungen auf die vorstehende Weise bestimmt, so hätten wir die Correctur des ersten Intervalls um $\frac{0{,}01^{mm}}{5}$ oder in Tausendtel ausgedrückt um $\frac{10^t}{5}$ falsch, die des zweiten um $\frac{2 \times 10^t}{5}$, die des dritten um $\frac{3 \times 10^t}{5}$ etc. fehlerhaft erhalten. Die Verbesserung kann dann nachträglich in folgender Weise geschehen:

Nach II gefundene Correcturen	zu addiren	Verbesserte Correctur
1) + 9	+ 2	+ 11
2) + 16	+ 4	+ 20
3) — 1	+ 6	+ 5
4) — 10	+ 8	— 2
5) 0	+ 10	+ 10

III.

Zu demselben Resultat gelangt man auf kürzerem Wege, wenn man von vornherein die Ablesung des letzten Intervalls durch die

Correctur des letzten Strichs verbessert. Ist diese Correctur $+10^t$, so sind im Uebrigen nach II. verfahren:

Die verbesserten Ablesungen	Abw. vom arithm. Mittel (19)	Correcturen
1) 8	+ 11	+ 11
2) 10	+ 9	+ 20
3) 34	− 15	+ 5
4) 26	− 7	− 2
5) 17 (7+10)	+ 2	0
95 = A..Z+10		(für 0 ist + 10 zu setzen.)

IV.

Die Correcturen der Theilstriche eines Maassstabes beziehen sich sämmtlich auf einen gemeinsamen Anfangsstrich, der als solcher keinen Fehler hat. Ist jedoch eine Unterabtheilung $A' \ldots Z'$ des Maasstabs $A \ldots Z$, für deren Begrenzungsstriche die Correcturen bereits ermittelt sind, wiederum in Unterabtheilungen getheilt, so handelt es sich bei Bestimmung der Fehler der letztern darum: auf einen Anfangsstrich Bezug zu nehmen, der ausserhalb $A' \ldots Z'$ liegt, nämlich in A. Dies geschieht, indem man statt A', in ähnlicher Weise wie dies ad IV mit dem Endstriche geschehen ist, einen ideellen Anfangsstrich in die Rechnung einführt, oder mit anderen Worten: indem man die Ablesung des ersten Intervalles durch die für A' gefundene Correctur verbessert, jedoch in der Weise, dass man die Correctur nicht mit ihrem wirklichen, sondern mit dem umgekehrten Zeichen benutzt. Der Grund wird unmittelbar aus der Betrachtung ersichtlich, dass ein zu kleines Intervall $A \ldots A'$ für A' die Correctur $+x$ erfordert; dass aber $A' \ldots Z'$ von vornherein um x zu gross ist, also durch $-x$ verbessert werden muss.

Nehmen wir z. B. an, das Intervall 1...2 ad IV sei wiederum in 5 Unterabtheilungen getheilt, deren Correcturen zu berechnen sind, so ist wie folgt zu verfahren:

Die Ablesungen seien:	A' hat die Corr. + 11	Verbesserte Ablesungen	Abw. vom Mittel (27)	Correcturen
A'...1) 34	dafür zu nehmen − 11	23	+ 4	für 1) + 4
2) 16		16	+ 11	„ 2) + 15
3) 28		28	− 1	„ 3) + 14
4) 24		24	+ 3	„ 4) + 17
4...Z' 24	Corr. für Z' + 20	44	− 17	
		5 : 135 = 27		

V.

Bei der Bestimmung der Fehler eines Meterstabs wird man am zweckmässigsten in der Weise verfahren, dass man zuerst in fünf Theile theilt, also die Mikroskope in 2^{dm} Abstand aufstellt. Selbstverständlich werden diese, sowie alle Messungen, welche späteren Messungen zur Grundlage dienen, oftmals wiederholt, und wird dann das Mittel aus diesen Ablesungen genommen. Sodann werden durch Halbirung die zwischen liegenden Decimeter, und durch abermalige Halbirung die Fünfcentimeterstriche bestimmt. Die Berechnung wird bei Halbirungen wie bei V angegeben geführt; man hat sich nur die drei mittleren Ablesungen fortzudenken.

Der weiteren Theilung in Centimeter stellt sich leider das Hinderniss in den Weg, dass es unmöglich ist, die Mikroskope bis auf 1^{cm} zu nähern. Diese Näherung dadurch zu erreichen, dass man beiden Mikroskopen eine entgegengesetzte Neigung gibt, so, dass ihre optischen Achsen in zwei parallelen Ebenen von 1^{cm} Abstand liegen, ist als ein besonders genaues Verfahren nicht zu empfehlen, wenngleich dasselbe bei geringeren Anforderungen Anwendung finden kann. Zuverlässigere Resultate wird man erhalten, wenn man die Mikroskope auf 6^{cm} Abstand bringt, und die Fünftheilung auf die 30^{cm} Intervalle in Anwendung bringt; der Art, dass man nach Durchmessung jedes Intervalls mit dem Anfangspunkte um 5^{cm} vorrückt.

Jedes 30^{cm}-Intervall wird in der bei V angegebenen Weise berechnet. Die bei diesem Verfahren ausfallenden, in den beiden ersten und den beiden letzten Decimetern gelegenen Theilstriche werden zuletzt durch directen Vergleich mit einem bereits berechneten Intervall bestimmt, wie nachstehendes Beispiel dies erläutern wird.

Die Messungen des Intervalls von 70 bis 100 mögen z. B. ergeben:

Die Ablesungen	Für 70 war die Corr. +8	Verbesserte Ablesung	Abweichung von 25	Gibt die Correctur
70— 76 29	also —8	21	+4	+4 für 76
75— 82 23		23	+2	+6 „ 82
82— 88 28		28	—3	+3 „ 88
88— 94 25		25	0	+3 „ 94
94—100 18	Correct +10	28	—3	
		5:125=25		

Nach den so gefundenen Correcturen lassen sich die Mikroskope

für 6^{cm} Abstand genau berichtigen. Hat man z. B. auf 76^{cm} und 82^{cm} eingestellt, so ist nur erforderlich, den Schraubenkopf des auf 82 gerichteten Mikroskops auf eine um 2 Theile grössere Ablesungszahl zu stellen. Die so corrigirte Ablesung des Schraubenkopfs wird, wenn unmittelbar weiter gemessen worden ist, 25 sein, nämlich die in vorstehender Berechnung gefundene mittlere Ablesungszahl. Hat man nun beim Weitermessen erhalten:

Die Ablesungen für		Die Correctur für 75 ist + 2	Verbesserte Ablesungen	Abweichung von 25	Gibt die Correcturen
75—81	23	also — 2	21	+ 4	+ 4 für 81
81—87	27		27	— 2	+ 2 „ 87
87—93	30		30	— 5	— 3 „ 93
93—99	17		17	+ 8	+ 5 „ 99

In gleicher Weise erhält man, von 80^{cm} ausgehend, die Correcturen für die Striche 86, 92 und 98 etc.

Die Messung der einzelnen Millimeter lässt sich nicht anders als mittelst des Schraubenmikrometers ausführen. Die Vergrösserung der Mikroskope ist so abgestimmt, dass 10 Schraubenumdrehungen = 1^{mm} sind. Um Zeit, und um der Schraube eine erhebliche Abnutzung zu ersparen, wird man gut thun, den Mikrometerschlitten mit 2 Parallel-Fadensystemen zu versehen, deren Abstand zwischen 9 und 10 Umdrehungen ist. Man hat dann nur die geringe Differenz dieses Abstandes von dem Abstande der beiden Striche zu messen, welche 1^{mm} begrenzen.

Die Bestimmung der Millimeter stützt sich auf die Zehntheilung der Centimeter und besitzt deshalb einen geringeren Grad von Genauigkeit. Um letztere zu erhöhen, ist nicht allein die oftmalige Wiederholung der Messungen, sondern auch noch eine anderweite Bestimmung der Fünfmillimeterstriche zu empfehlen. Wenn man nämlich die Mikroskope auf den genauen Abstand von $9{,}5^{cm}$ stellt, durch Halbirung eines Intervalls von 19^{cm} (von 0 bis 19^{cm}, wenn die Millimetertheilung bei 0 beginnt), so lässt sich der Abstand sämmtlicher Fünfmillimeterstriche von den Centimeterstrichen 10^{cm} bis 19^{cm} genau bestimmen, und daraus die Correctur ableiten, indem man die bereits bekannten Correcturen der Centimeterstriche in Rechnung zieht.

Gegen dieses Verfahren liesse sich einwenden, dass gerade die

hierbei benutzten Centimeterstriche zum Theil nach einem Verfahren (welches Seite 70 und 71 erläutert ist), bestimmt seien, dem ein geringeres Gewicht beizulegen ist wie der Halbirung oder Fünftheilung. Deshalb ist hier die Benutzung eines dritten Ablesungsmikroskopes anzurathen, welches 10^{cm} dem Abstande der beiden andern von $9{,}5^{cm}$ hinzufügt. Dies dritte Mikroskop gestattet dann die Vergleichung jedes Fünfmillimeterstrichs mit zwei Centimeterstrichen.

Ueber die Leistungen eines an der k. k. Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien befindlichen registrirenden Thermometers von Hipp.

Von

Dr. C. Jelinek.

(Aus den Wiener Sitzungsberichten vom Hern Verfasser freundlichst mitgetheilt.)

Unter den Apparaten, welche das k. k. Handelministerium auf Antrag der Adria-Commission der kais. Akademie zur Ausrüstung der Stationen an der Küste des adriatischen Meeres ankaufte, befand sich auch ein für die Station Lesina bestimmter Thermograph von Hipp. Da einige Aenderungen an dem Apparate wünschenswerth erschienen, so wurde ein zweiter ähnlicher Apparat bei Hipp in Neuchatel bestellt, an welchem die gewünschten Aenderungen bereits angebracht waren, und nach dem Muster dieses Apparates wurde der ältere für Lesina bestimmte Thermograph von den Herren Mayer & Wolff in Wien umgeändert.

Das Princip des Hipp'schen Thermographen ist bekannt. Eine Spirale aus zwei verschiedenen Metallen — Messing und Stahl — bestehend, ist mit einem leichten Index in Verbindung. Da die Spirale bei Aenderungen der Temperatur sich erweitert oder zusammenzieht und für jede gegebene Temperatur eine bestimmte Lage einnimmt, so ist auch die Stellung des Index bei verschiedenen Temperaturen eine andere und lässt sich aus der Stellung des Index auf die jeweilige Temperatur schliessen. Der Hauptfehler ähnlicher Apparate, die Reibung, ist bei dem Hipp'schen Apparate dadurch vermieden, dass das Niederdrücken des Index, wobei die Spitze des letzteren einen Punkt in den darunter befindlichen Papierstreifen einsticht, mittelst Elektricität bewirkt wird. Der Strom wird von einer Pendeluhr alle 10 Minuten geschlossen und in der Zwischenzeit zwischen zwei solchen Registrirungen ist der Index des Thermographen vollkommen frei. Der früher erwähnte Papierstreifen wird nicht durch ein Uhrwerk, sondern

durch den Elektromagneten bewegt, welcher beim Schliessen und Oeffnen des Stromes ein gezähntes Rad um je einen Zahn vorwärts dreht. An dem Rahmen, welcher beim Anziehen des Ankers die Spitze des Index gegen das Papier drückt, befindet sich noch eine fixe Spitze, welche gleichfalls alle 10 Minuten einen Punkt markirt. Die Reihenfolge dieser Punkte bildet eine Gerade, gewissermassen die Abscissen-Axe, von welcher aus die Ordinaten, d. h. die Entfernungen der von dem beweglichen Index herrührenden Marken gemessen werden.

Herr Hipp hat zur Messung dieser Ordinaten, oder eigentlich der entsprechenden Kreisbogen, einen kleinen Apparat, von ihm „Releveur“ genannt, construirt, mittelst dessen die Messung etwas bequemer ausfällt. Da Herr Hipp den für die Centralanstalt bestellten Releveur noch nicht geliefert hat, so werden einstweilen die Ordinaten mittelst eines feinen Millimeter-Maassstabes gemessen.

Die früher erwähnte Verbesserung, welche Herr Hipp an seinem Thermographen anbrachte, besteht darin, dass die metallische Spirale, welche früher oberhalb des den übrigen Apparat einschliessenden Kästchens, und zwar in der Mitte der Deckelplatte angebracht war, nun mehrere Zolle weit ausserhalb des Kästchens sich befindet. Das äussere Ende der Spirale ist festgeschraubt, das innere Ende ist mit einer leichten stählernen Axe in Verbindung, welche — durch ein Messingrohr geschützt — in das Innere des Kästchens hineinreicht und durch ein Hebelwerk die Drehung des früher erwähnten Zeigers bewirkt. Tritt nämlich eine Temperaturänderung ein, so muss, da das äussere Ende der Spirale befestigt ist, eine Erweiterung oder Zusammenziehung der Spirale auf das innere Ende und daher auf die Stahlaxe wirken und eine Drehung der letzteren und damit auch jene des beweglichen Index mit sich bringen.

Herr Professor A. Hirsch, Director der Sternwarte zu Neuchatel, hat die Güte gehabt, den für Wien bestimmten Thermographen vor seiner Absendung durch mehrere Tage zu prüfen, indem er denselben in das Innere eines sogenannten Hipp'schen Ofens zur Erzielung einer gleichmässigen, wenig veränderlichen Temperatur brachte, in dessen Inneren ein Normalthermometer angebracht war.

Die Bestimmungen des Herrn Professor Hirsch sind folgende:

Tag	Stunde	Normal-	Metall-	Tag	Stunde	Normal-	Metall-
		Thermometer				Thermometer	
26. Februar	4	7·5	245	28. Februar	8	17·0	396
„ „	5	7·3	239	1. März	4	24·8	514
„ „	6	7·2	236	„ „	5	23·8	497
„ „	7	7·1	235	„ „	6	24·6	510
„ „	8	7·0	235	„ „	7	23·8	501
„ „	9	7·0	236	„ „	8	24·4	506
„ „	19	6·8	232	„ „	9	24·0	501
„ „	20	6·8	232	„ „	10	24·0	504
„ „	21	6·8	233	„ „	19	24·1	504
„ „	22	7·0	233	„ „	20	24·4	507
„ „	23	7·0	234	„ „	21	24·0	500
27. „	1	16·1	378	„ „	22	25·0	516
„ „	2	17·1	398	„ „	23	24·1	504
„ „	3	16·2	384	2. „	0	24·0	502
„ „	4	15·2	369	„ „	1	24·0	501
„ „	5	14·2	351	„ „	3	30·8	611
„ „	6	13·4	336	„ „	4	31·0	617
„ „	9	12·6	323	„ „	5	30·8	610
„ „	19	12·2	315	„ „	6	31·2	621
„ „	20	12·8	325	„ „	7	30·6	608
„ „	21	12·8	324	„ „	8	31·0	617
„ „	23	12·6	323	„ „	9	30·9	613
28. „	0	12·4	319	„ „	19	30·9	613
„ „	1	12·1	315	„ „	20	31·4	621
„ „	3	20·8	457	„ „	21	30·9	613
„ „	4	19·9	441	„ „	23	31·0	612
„ „	5	18·2	420	3. „	0	31·2	617
„ „	6	16·8	395	„ „	1	31·0	615
„ „	7	15·8	377				

Die Stunden sind astronomisch gezählt; unter den Angaben des Metall-Thermometers hat man jene durch die Hipp'sche Ablesemaschine (Releveur) erhaltenen zu verstehen.

Fasst man die obigen Beobachtungen in fünf Gruppen zusammen, so erhält man folgende Mittelwerthe:

Normalthermometer	7°.05	13°.59	18°.30	24°.27	30.98
Metall- „	235.5	338.7	415.7	504.9	614.6

Hieraus erhält man zunächst folgende Gleichungen zur Bestimmung des Werthes eines Theiles H der Ablese-Maschine:

$$6^{0}.54 = 103{\cdot}2^{H}; \qquad 1^{0} = 15{\cdot}8^{H}$$
$$4{\cdot}71 = 77{\cdot}0\;; \qquad 1 = 16{\cdot}3$$
$$5{\cdot}97 = 89{\cdot}2\;; \qquad 1 = 14{\cdot}9$$
$$6{\cdot}71 = 109{\cdot}7\;; \qquad 1 = 16{\cdot}3$$
$$1^{0} = 15{\cdot}8^{H} \text{ oder } 1^{H} = 0^{0}.063.$$

Wenn man mit Hilfe dieser Werthe die obigen Beobachtungs-

reihen auf ihre mittleren Temperaturen reducirt, aus der Uebereinstimmung der einzelnen Ablesungen das Gewicht jeder der fünf Reihen bestimmt und dann nach der Methode der kleinsten Quadrate aus den fünf Gleichungen die beiden Constanten des Instrumentes bestimmt, so erhält man:

für den Nullpunkt . . . $18^0.0 = 408^H.6 \pm 0·9$

für die Bewegung . . . $1 = 15·81 \pm 0·9$ oder $1^H = 0^0.0632$,

so dass die Gleichung des Instrumentes folgende ist:

$$t = 18^0.0 + 0^0.0632\,(H - 408^H.6).$$

Berechnet man damit rückwärts die obigen Ablesungen des Metall-Thermometers (H) und vergleicht die so erhaltenen Temperaturen (t) mit den wahren, vom Normalthermometer angezeigten Temperaturen (T), so kommt

H	$0·0632 \times (H-408·6)$	t	$(T-t)^2$
	26. Februar.		
245	— 10·3	7°7	0·04
239	— 10·7	7·3	0·00
236	— 10·9	7·1	0·01
235	— 11·0	7·0	0·01
235	— 11·0	7·0	0·00
236	— 10·9	7·1	0·01
232	— 11·2	6·8	0·00
232	— 11·2	6·8	0·00
233	— 11·1	6·9	0·01
233	— 11·1	6·9	0·01
234	— 11·0	7·0	0·00
	27. Februar.		
378	— 1·9	16·1	0·00
398	— 0·7	17·3	0·04
384	— 1·6	16·4	0·04
369	— 2·5	15·5	0·09
351	— 3·6	14·4	0·04
336	— 4·6	13·4	0·00
323	— 5·4	12·6	0·00
315	— 5·9	12·1	0·01
325	— 5·3	12·7	0·01
324	— 5·3	12·7	0·01
323	— 5·4	12·6	0·00
	28. Februar.		
219	— 5·7	12·3	0·01
315	— 5·9	12·1	0·00
457	+ 3·1	21·1	0·09
441	+ 2·0	20·0	0·01
420	+ 0·7	18·7	0·25
395	— 0·9	17·1	0·09
377	— 2·0	16·0	0·04
396	— 0·8	17·2	0·04
	1. März.		
514	+ 6·7	24°7	0·01
497	+ 5·6	23·6	0·04
510	+ 6·4	24·4	0·00
501	+ 5·8	23·8	0·00
506	+ 6·2	24·2	0·04
501	+ 5·8	23·8	0·04
504	+ 6·0	24·0	0·00
504	+ 6·0	24·0	0·01
507	+ 6·3	24·3	0·01
500	— 5·8	23·8	0·04
516	+ 6·8	24·8	0·04
504	+ 6·0	24·0	0·01
502	+ 5·9	23·9	0·01
	2. März.		
501	+ 5·8	23·8	0·04
611	+ 12·8	30·8	0·00
617	+ 13·2	31·2	0·04
610	+ 12·7	30·7	0·01
621	+ 13·4	31·4	0·04
608	+ 12·6	30·6	0·00
617	+ 13·2	31·2	0·04
613	+ 12·9	30·9	0·00
613	+ 12·9	30·9	0·00
621	+ 13·4	31·4	0·00
613	+ 12·9	30·9	0·00
612	+ 12·9	30·9	0·01
617	+ 13·2	31·2	0·00
615	+ 13·1	31·1	0·01

Es folgt daraus für die 57 Beobachtungen eine Fehler-Quadratsumme = 1°30, woraus sich ergibt, dass der wahrscheinliche Fehler einer nach obiger Formel reducirten Angabe des Registrir-Thermometers = ± 0°1 ist, wovon die Hälfte wenigstens vom Ablesungsfehler des Normalthermometers herrühren mag.

So weit reicht die Untersuchung des Herrn Professor Dr. A. Hirsch. Sie zeigt, dass das Hipp'sche Registrir-Thermometer unter günstigen Umständen nahe dieselbe Sicherheit gewährt, wie ein gutes Normal-Thermometer.

Bei der wirklichen Anwendung des Hipp'schen Registrir-Thermometers zur Bestimmung der Lufttemperatur werden sich wohl die günstigen Verhältnisse, wie dieselben bei den eben angeführten Versuchen stattfanden, kaum annähernd herstellen lassen. Ist es auch als ein wesentlicher Vortheil zu erachten, dass die thermometrische Spirale von dem eigentlichen Körper des Instrumentes etwas mehr — bei dem an der Centralanstalt befindlichen Exemplare um 11 Centimeter — absteht, so wird doch in allen Fällen ein gewöhnliches Quecksilber-Thermometer freier exponirt werden können, als der Registrir-Apparat mit seinem sehr zarten Mechanismus, der gegen die Unbilden der Witterung, insbesondere gegen das Eindringen von Regen und Schnee sorgfältig geschützt werden muss. Zu diesen ungünstigen Verhältnissen, die wohl überall mehr oder weniger stattfinden werden, treten an der Central-Anstalt in Wien noch die speciellen sehr unvortheilhaften Verhältnisse des Locales hinzu, welches ein einziges gegen Norden gerichtetes Fenster besitzt, das bereits von dem Kreil'schen Kupferdraht-Thermographen, dem Psychrometer, dem Maximum- und Minimum-Thermometer und dem Verdunstungsmesser in Anspruch genommen wird. Die Zahlenwerthe, welche ich mit dem Hipp'schen Registrir-Thermometer erhalten habe, werden daher sehr wesentlich durch die ungünstige Aufstellung des Apparates beeinflusst sein. Da derselbe bestimmt ist, die Lufttemperatur jener Stunden zu finden, an welchen nicht direct beobachtet wird, die directen Beobachtungen aber an dem trockenen Thermometer des Psychrometers angestellt werden, so wurden sämmtliche Vergleichungen des Hipp'schen Thermographen mit diesem Thermometer ausgeführt, obgleich die Exposition beider nicht dieselbe ist, indem das trockene Thermometer des Psychrometers 50, die Spirale des Hipp'schen Apparates blos 11 Centimeter von der Wand absteht. Das Anbringen und Ablesen

eines eigenen Thermometers in unmittelbarer Nähe der thermischen Spirale wird durch die Localverhältnisse ungemein schwierig gemacht.

Es wurden nun für die Stunden 1 Uhr Nachmittags und 6 Uhr Morgens, welche nahezu das Maximum und Minimum der Temperatur ergeben, die gleichzeitigen directen Ablesungen mit den Ordinaten der Curven des Hipp'schen Apparates verglichen. Bildet man die Differenzen der direct beobachteten Temperaturen (in Reaumur'schen Graden) einerseits, die Differenzen der mit einem Millimeter-Maassstabe gemessenen Ordinaten andererseits, so ergeben sich folgende Verhältnisse:

Datum	Differenzen der	
	Temp. R.	Ordinaten
	°	mm
28. August	7·2	9·0
29. "	10·6	14·0
30. "	7·3	7·9
31. "	2·2	3·3
1. September	6·2	8·8
2. "	7·3	10·1
3. "	4·0	4·6
4. "	10·4	14·0
5. "	10·0	13·5
6. "	8·2	9·9
7. "	5·7	6·9
8. "	7·6	10·5
9. "	10·1	6·9
10. "	9·6	10·5
11. "	7·8	14·3
12. "	8·9	11·7
13. "	6·0	7·4
14. "	3·1	4·9
15. September	6·5	9·3
16. "	8·8	11·3
17. "	5·5	7·4
18. "	13·2	16·8
19. "	10·8	13·7
20. "	3·3	4·2
21. "	4·5	5·7
22. "	3·3	3·9
23. "	5·2	6·1
24. "	2·8	3·5
25. "	2·8	3·5
26. "	11·2	13·5
27. "	8·3	10·5
28. "	9·6	12·3
29. "	10·2	14·1
30. "	10·3	13·5
1. October	10·8	14·1

Fasst man je fünf dieser Werthe in Gruppen zusammen und bildet die entsprechenden Summen, so erhält man:

	Temp.	Ordinaten		
I.	33°5	43·0	oder 1 Millim. d. Zeichnung =	0°779 R.
II.	39·9	52·1		0·766 R.
III.	40·8	54·8		0·745 R.
IV.	33·3	45·1		0·738 R.
V.	37·3	47·8		0·780 R.
VI.	25·3	30·5		0·829 R.
VII.	48·6	64·5		0·753 R.
Summe	258·7	337·8		0·766 R.

Das letzte Resultat

1 Millimeter der Zeichnung = 0·766 R.

ist aus dem Verhältnisse der beiden Hauptsummen abgeleitet und dürfte hinreichend sicher bestimmt sein.

Mittelst dieser Verhältnisszahl ist man nun im Stande, für jede in Millimetern gemessene Ordinate des Thermographen die entsprechende Anzahl Grade anzugeben. Hat man für die betreffende Zeit eine directe Beobachtung am trockenen Thermometer des Psychrometers, so lässt sich die der Abscissenaxe oder fixen Linie entsprechende Temperatur bestimmen. Diese Temperatur sollte in allen Fällen dieselbe sein; in Folge der störenden Einflüsse, welche oben erwähnt wurden, wird man jedoch verschiedene Werthe für diese Constante finden. Bei der Aufstellung des Apparates an der Centralanstalt liefern eigentlich diese verschiedenen der Abcissenlinie entsprechenden Werthe nicht so sehr ein Mass der Leistungsfähigkeit des Apparates, als vielmehr für die Bedeutung der störenden Einflüsse, insbesondere der verschiedenen Aufstellung.

Die Werthe der Null-Linie oder Abscissen-Axe für die Zeit vom 28. August bis 15. October l. J. waren nun folgende:

Datum	6 U. M.	0U.Mitt.	10U.Ab.	Datum	6 U. M.	0U.Mitt.	10U.Ab.
28. August	13·1	13·7	12·9	22. Septemb.	11·5	12·8	11·8
29. „	13·0	13·2	12·6	23. „	12·4	13·0	13·1
30. „	11·7	12·5	12·2	24. „	13·3	13·5	13·2
31. „	12·5	12·1	12·5	25. „	13·4	13·3	13·2
1. Septemb.	13·5	12·8	13·2	26. „	13·2	14·7	12·8
2. „	13·0	12·8	12·8	27. „	13·2	14·1	13·4
3. „	12·3	12·0	13·1	28. „	13·4	12·5	12·7
4. „	13·4	12·7	13·2	29. „	13·5	13·0	12·0
5. „	13·2	12·9	12·9	30. „	12·8	13·3	14·7?
6. „	12·6	13·2	12·8	1. October	13·2	13·4	12·7
7. „	13·0	13·4	13·7	2. „	13·2	12·8	12·5
8. „	13·3	12·9	12·2	3. „	13·2	12·9	13·2
9. „	13·4	12·9	12·5	4. „	13·7	12·9	13·2
10. „	13·3	12·7	12·2	5. „	13·2	13·3	13·1
11. „	12·7	12·8	12·6	6. „	12·4	12·2	13·0
12. „	13·1	12·7	11·5	7. „	12·4	12·7	12·3
13. „	13·1	12·5	12·0	8. „	12·4	12·0	13·2
14. „	13·1	12·5	12·3	9. „	13·4	13·3	13·5
15. „	13·2	12·9	12·9	10. „	13·8	13·5	13·8
16. „	13·2	13·4	12·3	11. „	13·1	13·2	13·7
17. „	13·0	13·5	13·0	12. „	13·4	13·5	13·3
18. „	13·1	13·5	12·4	13. „	13·7	13·5	15·7?
19. „	13·0	13·2	13·0	14. „	13·3	13·6	13·4
20. „	12·3	13·6	13·0	15. „	12·9	13·3	13·3
21. „	13·4	13·7	12·3				

Nach dem, was über die Aufstellung des Thermographen gesagt wurde, dürfen die Abweichungen, auf welche man in der mitgetheilten Tabelle stösst, nicht befremden. Um dieselben aber grösstentheils unschädlich zu machen, wird bei der Reduction der Zeichnung des Registrir-Apparates folgendes Verfahren beobachtet:

Der Zusammenhang zwischen der in Millimetern gemessenen Ordinate (H) des Registrir-Apparates und der Temperatur (T) des gewöhnlichen Quecksilber-Thermometers wird durch die lineare Gleichung

$$F = a + bH$$

gegeben, in welcher der Werth der Constante b gleich

0.766

der oben angeführten Bestimmung gemäss angenommen wird. Für jede Stunde, zu welcher direct beobachtet wird, für welche man also den Werth von T kennt, liefert die obige Gleichung, da man H immer messen kann, den Werth der Constante a. Fallen nun zwei solche Bestimmungen z. B. für 10 Uhr Abends (a_{10}) und 6 Uhr Morgens (a_{18}) verschieden aus, so wird der Unterschied $a_{18} - a_{10}$ proportional auf die einzelnen Stunden vertheilt.

Man nimmt also für die Constante a und zwar für die verschiedenen Stunden 10, 11 ..... 18 Uhr Werthe a_{10}, a_{11} ..... a_{18} an, welche nach einer arithmetischen Progression fortschreiten und man kann wohl sicher sein, dass auf diese Weise der grösste Theil der früher erwähnten Anomalien unschädlich gemacht wird.

Es war mir nun von Interesse mit den obigen Ergebnissen jene zu vergleichen, welche man mit ähnlichen Apparaten an anderen Observatorien erhalten hatte. Es befindet sich ein ähnlicher, von Salleron ausgeführter Thermograph an der k. Sternwarte zu Modena, und Herr Director Domenico Ragona hat jüngst in einer eigenen Abhandlung[1]) die Beschreibung dieses Apparates, so wie die Resultate derselben für den Monat Mai 1859 mitgetheilt.

Ein selbstregistrirendes Spiral-Thermometer befindet sich ferner unter den autographen Instrumenten der Sternwarte zu Bern,[2]) und

---

[1]) Prof. Domenico Ragona, Descrizione dell l'Igrotermografo del R. Osservatorio di Modena.

[2]) H. Wild, die selbstregistrirenden Instrumente der Sternwarte zu Bern, in Dr. Carl's Repertorium für phys. Technik.

für dieses hat Herr Director H. **Wild** die Monatmittel mehrerer Jahrgänge mit jenen aus den directen Beobachtungen abgeleiteten verglichen.[1]) Prof. **Ragona** leitet in der früher erwähnten Abhandlung S. 11 die Relation zwischen der Temperatur (T) und den Angaben des Registrir-Apparates (G) ab und findet dafür einen Ausdruck der zweiten Ordnung

$$T = 0{\cdot}63136\, G - 0{\cdot}0020334\, G^2,$$

und indem er mit dieser Formel die Angaben des Thermographen in Temperaturgrade verwandelt, leitet er die tägliche Aenderung der Temperatur für den betrachteten Monat[2]) ab. Er findet hiedurch, dass „die metallische Spirale ganz genau den täglichen Temperaturgang wiedergibt, indem man wie nach den directen Beobachtungen das Maximum gegen 4 Uhr Nachmittags, das Minimum gegen 5 Uhr Morgens erhält.“ Auch in der Uebereinstimmung des 24stündigen vom Thermographen gelieferten Mittels mit dem aus den directen Beobachtungen mittelst geeigneter Stunden-Combinationen erhaltenen findet **Ragona** einen Beweis, dass der Apparat befriedigend functionire.

Sowohl die Untersuchungen des Herrn Professor **Wild** (welche übrigens ein anderes Ziel verfolgen) als jene des Herrn Professor **Ragona** scheinen mir nicht geeignet, über den Grad der Uebereinstimmung des Registrirapparates mit dem gewöhnlichen Thermometer Aufschluss zu geben.

Zunächst ist es klar, dass der Registrirapparat nicht dazu bestimmt ist, absolute Bestimmungen zu liefern, und wenn sich der Werth des Nullpunktes, wie dies aus den Untersuchungen **Wild's** hervorgeht, langsam verändert, so thut dies der Verwendbarkeit des Apparates wenig oder keinen Eintrag.

Dagegen gewährt die Vergleichung der Monatmittel keine Einsicht in die Grösse der an den einzelnen Tagen auftretenden Differenzen zwischen dem Registrirapparat und dem gewöhnlichen Thermometer. Hier kann nur eine individuelle Vergleichung Aufschluss geben.

---

[1]) Schweizerische meteorologische Beobachtungen, III. Jahrgang, S. IX. und X.

[2]) Mai 1869. **Ragona** hatte eben erst den Registrirapparat von **Salleron** erhalten und aufgestellt.

Aus ähnlichen Gründen scheint mir der indirecte Schluss Ragona's aus der Regelmässigkeit des täglichen Temperaturganges auf das befriedigende Functioniren des Thermographen nicht ganz statthaft. Auch die störenden Einflüsse wirken zum grossen Theile gesetzmässig, und man wird sicher auch bei einem unvollkommenen Registrirapparate am Schlusse des Monates im Durchschnitte einen gesetzmässigen Gang der betreffenden Zahlenwerthe erhalten.

Ich habe nun selbst die directen Vergleichungen der Angaben der Registrirapparate zu Modena und Bern für einzelne Tage und Beobachtungen durchgeführt, indem ich das hiefür erforderliche Material der Meteorologia Italiana, welche für Modena die Temperaturen der Stunden 9 Uhr Morgens, 3 Uhr Nachmittags und 9 Uhr Abends enthält, und den schweizerischen meteorologischen Beobachtungen, welche neben den 24stündigen Angaben des Thermographen jene der directen Beobachtung um 7 Uhr Morgens und 1 Uhr Nachmittags enthalten, entnommen habe.

Bei Modena musste sich die Vergleichung aus dem früher angeführten Grunde auf den Monat Mai 1869 beschränken; für Bern wählte ich die vier Monate Jänner, April, Juli, October 1867 aus, musste aber wieder die Stunde 1 Uhr auslassen, da nach dem jetzt bei der Reduction der Autographenzeichnungen zu Bern befolgten Verfahren die Stunde 1 Uhr zur Bestimmung des Werthes der Normallinie verwendet, also von Tag zu Tag eine vollkommene Uebereinstimmung der directen Ablesung um 1 Uhr Nachmittag und dem Werthe der entsprechenden Ordinate des Thermographen hergestellt wird. In Bern wird also der Werth der Null-Linie von Tag zu Tag neu bestimmt, während Ragona für den ganzen Monat Mai 1869 eine und dieselbe Gleichung, also denselben Werth der Null-Linie anwendete. Aus diesem Grunde ist es erklärlich, wenn die Differenzen zu Modena grösser ausfallen, als zu Bern.

Ich lasse nun zum Schlusse in einer kleinen Tafel die von mir berechneten Unterschiede zwischen den Angaben der Thermographen zu Modena und Bern und den entsprechenden directen Ablesungen folgen. Es wird sich hieraus zeigen, dass die zu Wien gefundenen Schwankungen des Werthes der Null-Linie durchaus nicht grösser sind, als die für die Thermographen zu Modena und Bern sich ergebenden Unterschiede von den Resultaten der directen Beobachtung.

Unterschiede zwischen dem direct beobachteten Thermometer (T) und dem Registrirapparat (R).

In Graden Celsius.

$T—R$.

Datum	Modena Mai 1869			Bern 1867, Stunde 7 Uhr M.			
	9 U. M.	3 U. N.	9 U. Ab.	Jänner	April	Juli	October
1.	+ 0°8	— 0°6	— 1°9	— 0°7	+ 0°6	+ 1°0	+ 0°7
2.	+ 3·3	+ 3·1	— 0·4	+ 0·6	+ 0·9	+ 1·2	— 0·1
3.	+ 2·1	+ 0·1	— 1·0	+ 1·3	+ 0·1	— 0·5	+ 0·1
4.	+ 1·7	+ 1·6	— 1·7	+ 0·3	+ 0·5	+ 2·1	+ 0·9
5.	+ 1·1	+ 1·7	— 1·1	— 1·4	+ 0·1	+ 0·2	— 0·3
6.	+ 1·3	— 0·1	— 1·1	0.0	+ 0·2	+ 0·2	— 0·1
7.	+ 1·8	+ 1·9	— 1·0	0·0	+ 1·1	+ 0·5	— 0·2
8.	+ 0·7	— 1·8	+ 0·2	+ 0·3	+ 1·0	+ 0·1	+ 0·1
9.	+ 2·0	+ 1·3	— 1·7	+ 1·3	— 0·3	+ 0·2	— 0·3
10.	+ 1·2	+ 1·1	— 1·8	0·0	+ 0·6	+ 2·1	— 0·6
11.	+ 1·8	+ 0·5	— 1·9	+ 0·1	— 0·7	+ 0·1	— 0·3
12.	+ 1·2	+ 1·0	— 1·8	+ 0·4	+ 0·8	0·0	+ 0·2
13.	+ 0·5	+ 1·2	— 2·3	+ 0·9	+ 0·1	— 0·2	+ 0·8
14.	+ 1·7	— 0·4	— 1·6	— 0·1	+ 1·0	+ 1·0	— 1·4
15.	+ 1·3	— 1·0	— 2·4	— 0·3	+ 0·1	+ 0·3	— 1·0
16.	+ 1·6	+ 0·3	— 2·9	— 0·1	— 0·1	0·0	— 0·9
17.	+ 0·6	+ 2·3	— 2·3	— 0·4	+ 0·3	+ 0·8	— 0·5
18.	— 0·4	+ 0·3	— 2·9	— 0·8	— 0·2	— 0·2	+ 0·2
19.	— 0·9	+ 1·2	— 2·3	— 0·1	+ 0·3	+ 0·3	— 0·2
20.	+ 0·4	+ 0·4	+ 0·2	— 1·5	+ 0·8	— 0·7	— 0·2
21.	— 0·4	— 0·7	— 2·2	+ 1·5	— 0·4	+ 0·8	— 0·3
22.	+ 0·2	+ 1·4	— 3·7	— 0·1	0·0	— 0·3	— 0·3
23.	+ 1·0	— 1·7	— 2·0	+ 0·3	+ 1·7	0·0	+ 0·2
24.	+ 0·4	— 0·7	— 1·6	— 0·3	+ 2·8	+ 0·4	— 1·1
25.	— 0·5	— 0·1	— 1·9	— 0·2	— 0·3	0·0	— 0·4
26.	+ 0·7	+ 1·2	— 2·7	0·0	+ 0·1	— 0·5	— 0·9
27.	+ 1·0	+ 0·8	— 2·9	— 0·2	— 0·1	+ 2·4	— 0·3
28.	+ 0·4	+ 1·0	— 2·5	— 0·9	+ 0·2	+ 0·2	+ 0·9
29.	+ 0·7	+ 1·7	— 3·6	— 0·5	+ 0·5	+ 0·9	— 0·3
30.	+ 0·6	+ 0·7	— 3·6	+ 0·9	— 0·7	+ 1·1	— 1·0
31.	+ 0·4	— 0·2	— 3·0	— 0·2		— 0·6	— 0·5

Ueber eine vergleichbare Spectralscale.

Von

A. Weinhold.

(Aus Poggendorff's Annalen vom Herrn Verfasser gütigst eingesandt.)

(Hiezu Tafel VII. Figg. 1—6.)

Die Uebelstände der bei Spectralbeobachtungen meist angewendeten photographirten Scalen — mangelnde Vergleichbarkeit der Angaben verschiedener Apparate untereinander und selbst der Angaben eines und desselben Apparates bei veränderter Stellung des Prisma und das Fehlen einer einfachen Beziehung zwischen den Zahlenwerthen, welche eine Farbe charakterisiren, der Wellenlänge oder der Schwingungszahl des Lichtes einerseits und dem Orte der Farbe auf der Scale andererseits — sind allgemein anerkannt.

Unter gewissen Bedingungen lassen sich die von Wrede beobachteten Interferenzabsorptionsstreifen im Spectrum des von einem dünnen Glimmerblatt reflectirten Lichtes (Pogg. Ann. Bd. XXXIII) zu einer Scale benutzen, welche den Vortheil bietet, dass ihre Angaben streng vergleichbar sind und an der zugleich die beobachteten Abstände verschiedener Farben fast genau den Differenzen der Schwingungszahlen derselben proportional sind, so dass sich diese Scale sehr gut an die von Listing (Pogg. Ann. Bd. CXXXI) vorgeschlagene Farbenscale anschliesst.

Ist ein dünnes, planparalleles Blättchen auf beiden Seiten von Luft begrenzt, so dass an der Vorderfläche eine Phasenänderung von 180° eintritt, so erscheinen im Spectrum des reflectirten Lichtes dunkle Streifen an der Stelle aller der Farben, welche eine ganze Anzahl von Schwingungen ausführen in der Zeit, um welche ein an der Hinterfläche reflectirter Strahl verzögert wird gegen den an der Vorderfläche reflectirten, mit dem er zur Interferenz gelangt. Wenn diese Verzögerung für alle Farben gleich wäre, so würden diejenigen Farben durch Interferenz ausgelöscht werden, welche in dieser Zeit

$$N,\ N+1,\ N+2,\ N+\ \ldots\ldots$$

Schwingungen ausführen, oder mit anderen Worten: es würden die Absorptionsstreifen im Spectrum einer Reihe von Farben entsprechen, deren Schwingungszahlen eine arithmetische Progression bilden. Eine solche Gleichheit der Verzögerungszeiten findet nun thatsächlich nicht statt; sie lässt sich aber, wie später gezeigt werden soll, sehr annähernd erreichen und soll deshalb vorläufig als vorhanden angenommen werden.

Diese Verzögerungszeit sei t, ferner seien 0, s_1 und s_2 die Ordnungszahlen dreier Absorptionsstreifen, deren Schwingungszahlen N_0, N_1 und N_2 sind, so ist

$$tN_1 - tN_0 = s_1 \text{ und } tN_2 - tN_0 = s_2$$

und folglich

$$N_2 = N_0 + \frac{s_2}{s_1}(N_1 - N_0); \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

es lässt sich also die Schwingungszahl jeder einem Absorptionsstreifen entsprechenden Farbe berechnen, wenn die Schwingungszahlen für zwei derartige Farben bekannt sind, und da die Streifen sehr nahe beisammen liegen, wenn das reflectirte Blättchen nicht ausserordentlich dünn ist, so kann man auch für Zwischenstufen die Schwingungszahlen finden, indem man für s_1 und s_2 gebrochene Zahlen nimmt. Die Berechnung der Verhältnisse der Schwingungszahlen für diejenigen Fraunhofer'schen Linien, deren Wellenlängen bekannt sind, und die Vergleichung der so erhaltenen Werthe von $\frac{N_1 - N_0}{N_2 - N_0}$ mit den aus den Scalenbeobachtungen erhaltenen Verhältnissen $\frac{s_1}{s_2}$ bietet zugleich ein Mittel zu prüfen, wie weit die Annäherung an die angenommene Gleichheit der Verzögerungszeiten practisch möglich ist.

Bezüglich der im Folgenden vorkommenden Zahlenangaben sei bemerkt, dass die Wellenlängen (λ) in Milliontelmillimetern ausgedrückt sind, wie das zumeist geschieht, als Schwingungszahlen sind aber einfach die Reciproken $\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ genommen, um die Rechnungen zu vereinfachen und um nicht einen Werth für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes in die Rechnung aufzunehmen, da die gewöhnlich gebrauchten Werthe (42000 Meilen oder 41600 Meilen) nach den neueren Bestimmungen der Sonnenparallaxe wohl nicht beibehalten werden können. Die vorkommenden Werthe von N gelten also für

diejenige Zeit als Einheit, in der das Licht einen Weg von $0^{mm},000001$ zurücklegt; die Schwingungszahlen für die Secunde ergeben sich daraus durch Multiplication mit 301970 Billionen (die Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu 40600 Meilen gerechnet).

Ist $abcd$ (Fig. 1 Taf. VII) eine dünne, planparallele Schicht eines einfach lichtbrechenden Mittels, deren Dicke $= \delta$ ist, so durchläuft ein Strahl den Weg efg, der andere, mit dem er interferirt, den Weg hg. Ist i der Einfallswinkel, r der Brechungswinkel und n der Brechungsexponent des ersten Strahles, so ist

$$efg = \frac{2\delta}{\cos r}$$

und, da $\sin i = n \sin r$ ist,

$$efg = \frac{2\delta}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 i}{n^2}}}.$$

Ist ferner v die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Strahles in Luft, also $\frac{v}{n}$ die in dem brechenden Mittel, so ist

$$\text{(die Zeit zum Durchlaufen von } efg) = \frac{2\delta n}{v\sqrt{1 - \frac{\sin^2 i}{n^2}}}$$

Der andere Strahl durchläuft den Weg

$$hg = 2\delta \operatorname{tg} r \sin i = \frac{2\delta \sin^2 i}{n\sqrt{1 - \frac{\sin^2 i}{n^2}}}$$

mit der Geschwindigkeit v, folglich ist

$$\text{(die Zeit zum Durchlaufen von } hg) = \frac{2\delta \sin^2 i}{nv\sqrt{1 - \frac{\sin^2 i}{n^2}}}$$

und die Verzögerungszeit

$$t = \frac{2\delta}{v}\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (2)$$

Das Verhältniss zweier Werthe t_1 und t_2 für die Brechungsexponenten n_1 und n_2 zweier verschiedenfarbiger Strahlen

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\sqrt{n_1^2 - \sin^2 i}}{\sqrt{n_2^2 - \sin^2 i}}$$

weicht nun zwar etwas von der Einheit ab, aber bei passend gewähltem Material des Blättchens nicht bedeutend. Die Abweichung von der Einheit wächst mit dem Winkel i und ist für $i = 90^0$ ein Maximum, trotzdem muss man den Einfallswinkel möglichst gross machen, weil

bei kleineren Werthen von i das reflectirte Licht nicht intensiv genug ist, um die Anwendung eines stark farbenzerstreuenden Apparates zu gestatten. Für grosse Werthe von i ist auch das Wachsthum von $\frac{t_1}{t_2}$ kleiner als für mittlere Werthe, so dass man, um möglichst gleiche Lage der Interferenzstreifen zu erhalten, den einmal angenommenen Werth von i weniger genau einzuhalten braucht, wenn der Einfallswinkel nahezu 90° beträgt, als wenn er kleiner ist.

Für ein Crownglasblättchen mit den Brechungsexponenten $n_1 = 1,55$ (Linie H) und $n_2 = 1,53$ (Linie B) erhält man

für $i =$	$\frac{t_1}{t_2} =$
0°	1,0131
10	1,0132
20	1,0138
30	1,0146
40	1,0159
50	1,0174
60	1,0192
70	1,0209
80	1,0222
90	1,0227

Es ist noch zu bemerken, dass die nach Formel (1) berechneten Werthe von N für die mittleren Farben des Spectrums weniger von der Wahrheit abweichen würden, als die obigen Werthe $\frac{t_1}{t_2}$ von der Einheit, weil für die mittleren Theile des Spectrums die Brechungsexponenten weniger verschieden sind. Die Anwendung eines Blättchens von Crownglas, dessen Brechungsexponenten genau bestimmt wären, würde eine Correctionsrechnung und somit eine genaue Ermittelung der Schwingungszahlen für alle Fraunhofer'schen Linien gestatten; dieselbe wäre aber nur mit dem grossen Kirchhoff-Steinheil'schen Analysator möglich, da ein Blättchen von $0^{mm},5$ Dicke zwischen B und H schon mehr als 1200 Interferenzstreifen geben würde. Für die gewöhnlichen Spectralapparate lassen sich entsprechend dünne Blättchen wohl kaum schleifen. Die durch Aufblasen glühenden Glases bis zum Zerplatzen erhaltenen Blättchen sind sehr dünn, aber nicht eben und gleichmässig; anstatt gerader, paralleler Interferenzstreifen geben sie in der Regel gekrümmte und fächerartig divergirende.

Aehnlich verhalten sich Häutchen von zähen Flüssigkeiten, die überdiess wieder zu dünn sind und sich fortwährend verändern. Unter den tesseralen Mineralien ist selbst Steinsalz nicht in so hohem Grade spaltbar, dass es brauchbare Blättchen liefern könnte, es lassen sich solche nur aus zweiaxigem Glimmer spalten.[1])

Wegen der Doppelbrechung gibt das von einem Glimmerblatte reflectirte Licht im Allgemeinen zwei übereinanderfallende Systeme verschieden weit auseinanderstehender Interferenzstreifen, welche sich ihrer Intensität und Lage nach ändern mit der Lage des einfallenden Lichtstrahls gegen die optischen Axen. Der möglichsten Einfachheit wegen wird es sich von vornherein empfehlen, als Reflexionsebene eine durch zwei Elasticitätsaxen gelegte Ebene zu wählen; dadurch erreicht man zugleich den Vortheil, dass die beiden Streifensysteme möglichst ungleich deutlich werden, so dass es selbst ohne weitere Hilfsmittel möglich ist, die zu einem Systeme gehörigen Streifen allein ins Auge zu fassen. Wenn der Einfallswinkel ungefähr 60^0 beträgt, so ist fast alles reflectirte Licht in der Reflexionsebene polarisirt, man erblickt alsdann nur ein Streifensystem und da das in der Ebene zweier Elasticitätsaxen polarisirte Licht in dieser Ebene den Krystall als ordentlich gebrochenes durchläuft, so könnten für diese Stellung die obigen Formeln für einfach lichtbrennende Substanzen Anwendung finden. Die geringe Intensität des reflectirten Lichtes macht aber, wenigstens für künstliches Licht, die Beobachtungen schwierig und lässt die Wahl eines grösseren Einfallswinkels räthlich erscheinen. Bei den weiter unten zu beschreibenden Beobachtungen wurde der Einfallswinkel immer zu 85^0 genommen; dabei ist der grösste Theil des reflectirten Lichtes rechtwinkelig gegen die Reflexionsebene polarisirt. Um die matten Streifen des zweiten Systems zu beseitigen, lässt man zweckmässig das Licht, bevor es auf das Glimmerblatt fällt, durch ein passend gestelltes Nicol'sches Prisma gehen. Als Reflexionsebene wurde immer die Ebene der optischen Axen[2]) gewählt und diese

[1]) Man erhält denselben in vorzüglicher Schönheit aus der Glimmerwaarenfabrik von Max Raphael in Breslau.

[2]) Da die Ebene der optischen Axen auf der Spaltungsfläche des Glimmers senkrecht steht, so kann man sie leicht auf folgende Weise bestimmen: Ein Glimmerblatt, dessen Dicke durch einen vorläufigen Versuch als passend erkannt ist, legt man auf den drehbaren, horizontalen, mit einer Kreistheilung versehenen Tisch eines Nörremberg'schen Polarisationsapparates mit gekreuzten Spiegeln und dreht den

Ebene zugleich in den Hauptschnitt des Prisma gebracht, der auch die Axen des Spaltrohrs und Beobachtungsfernrohres aufnimmt und kurz die Hauptebene des Apparates heissen mag. Diese Hauptebene war horizontal, die Polarisationsebene des Nicol also vertical.

Um für die angenommene Lage des Glimmerblattes gegen den einfallenden Lichtstrahl die Verzögerungszeit für den vertical polarisirten Theil des Lichtes zu finden, sei (in Fig. 2 Taf. VII) die Ebene des Papiers die Reflexionsebene, $a\ b\ c\ d$ sei das Glimmerblatt; i, δ, v und t sollen dieselbe Bedeutung haben wie oben, $\frac{v}{m}$ sei die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des vertical polarisirten Strahles in der Richtung ek, $\frac{v}{n}$ die Fortpflanzungsgeschwindigkeit desselben in der Richtung el. (m ist dann der Brechungsexponent für den Strahl, welcher in der Ebene der Spaltungsflächen polarisirt, in dieser als ordentlich gebrochener Strahl sich fortpflanzt, und n der Brechungsexponent für den Strahl, welcher in gleicher Weise sich fortpflanzt und polarisirt ist in der Ebene, die auf der Ebene der optischen Axen und auf der Spaltungsrichtung senkrecht ist.) Ferner sei $ek = \alpha$ und $el = \beta$, dann ist

$$eo = \frac{qo}{\sin i} = \frac{\alpha^2}{x}$$

und da $qo = \alpha m$ ist, so ist

$$x = \frac{\alpha \sin i}{m} \text{und}\ y = \frac{\beta}{m}\sqrt{m^2 - \sin^2 i}.$$

Tisch einigemal im Kreise herum, indem man immer die Stellung notirt, bei denen das Glimmerblatt vollkommen dunkel erscheint. Aus den um beziehentlich 0°, 90°, 180° und 270° verminderten Ablesungszahlen nimmt man das Mittel und stellt den Index des Kreises auf die erhaltene Zahl. Dann liegen die optischen Axen in einer der Spiegelpolarisationsebenen. Durch vier kleine, um 90° von einander abstehende, am Rande des Glimmerblattes eingerissene Striche markirt man die Durchschnitte dieser Ebenen mit dem Glimmerblatt. Hierauf nimmt man das Glimmerblatt von dem Tische ab und klemmt es so in ein an einem Ende etwas aufgespaltenes Holzstäbchen, dass dieses in die verlängerte Verbindungslinie zweier gegenüberstehender, eingerissener Striche fällt und hält nun das Glimmerblatt mittelst des Stäbchens so zwischen die beiden Spiegel, dass das Stäbchen horizontal ist und mit den beiden Polarisationsebenen des Apparates Winkel von etwa 45° macht. Dreht man jetzt das Stäbchen zwischen den Fingern, so erblickt man das Glimmerblatt bei einer Drehung um 360° vier Mal in der Richtung der optischen Axen, also dunkel, wenn das Stäbchen, welches die Drehungsaxe bildet, auf der Ebene dieser Axen senkrecht steht; dagegen zeigt das Blättchen nur verschiedene Farben, wenn die Drehungsaxe in dieser Ebene selbst liegt.

Ferner ist $hg = eg \sin i$ und da $\frac{eg}{\delta} = \frac{2x}{y}$, so ist

$$hg = \frac{2\delta x \sin i}{y}$$

und folglich

$$\text{(die Zeit zum Durchlaufen von } hg) = \frac{2\delta}{v} \cdot \frac{\alpha \sin^2 i}{\beta\sqrt{m^2 - \sin^2 i}}$$

Die Zeit zum Durchlaufen des Weges ep ist gleich der Zeit zum Durchlaufen des Weges α, also $= \frac{\alpha m}{v}$ und da $\frac{efg}{2(ep)} = \frac{\delta}{y}$, so ist

$$\text{(die Zeit zum Durchlaufen von } efg) = \frac{2\delta}{v} \cdot \frac{\alpha m^2}{\beta\sqrt{m^2 - \sin^2 i}} \text{ also}$$

$$t = \frac{2\delta}{v} \cdot \frac{\alpha}{\beta}\sqrt{m^2 - \sin^2 i}$$

oder da $\frac{\alpha}{\beta} = \frac{n}{m}$

$$t = \frac{2\delta}{v} \cdot \frac{n}{m}\sqrt{m^2 - \sin^2 i} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3).$$

Diese Formel ist der Formel (2) ganz conform und würde für $n = m$ in dieselbe übergehen. Wegen der Beschaffenheit des Glimmers, die das Schleifen von Prismen unmöglich macht, ist eine Bestimmung der verschiedenen Werthe von n und m nicht möglich. Es lässt sich nur angeben, dass die Brechungsexponenten des Glimmers zwischen denen des Terpentinöls und des Schwefelkohlenstoffs liegen müssen, denn ein Glimmerblatt zeigt unter Terpentinöl in allen Lagen nur eine sehr schwache, unter Schwefelkohlenstoff bei grossem Einfallswinkel totale Reflexion. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten können in den verschiedenen Hauptrichtungen nicht sehr verschieden sein, denn die Abstände der Streifen in den beiden Systemen und bei verschiedener Lage des einfallenden Strahles gegen die optischen Axen sind nur wenig verschieden, so lange der Einfallswinkel derselbe ist.[1])

---

[1]) Der Senarmont'sche Wärmeleitungsversuch liefert auf einem durch Spaltung erhaltenen Glimmerblatte als Schmelzungsfigur einen fast vollkommenen Kreis. Auf einem gegen die Spaltungsrichtung stark geneigten Querschnitt entsteht eine ungefähr elliptische Figur, doch könnte daran die mangelnde Continuität der Substanz in der Richtung rechtwinkelig gegen die Spaltrichtung Schuld tragen, welcher die kleine Axe der Ellipse entspricht; bei verschiedenen Versuchen war das Axenverhältniss schwankend.

Damit die Interferenzstreifen scharf und deutlich erscheinen, dürfen nur Strahlen in das Spectroskop gelangen, die von dem Glimmerblatt unter nahezu gleichen Winkeln reflectirt worden sind; desshalb lässt man das Licht, ehe es auf das Glimmerblatt fällt, durch einen Spalt gehen, welcher dem des Spectroskops parallel ist, aber eine beträchtlich grössere Breite (etwa $1^{mm},5$) besitzen darf.

Um die Lage dunkler oder heller Spectrallinien nach der Glimmerscale zu bestimmen, erzeugt man natürlich zwei Spectra übereinander. Die Anordnung des Scalenapparates zeigt Fig. 3 Tafel VII in der Ansicht von oben und Fig. 4 in der Seitenansicht. An der festen Schneide des Spaltes eines gewöhnlichen Spectroskopes ist ein kleiner Träger befestigt, der ein gleichschenklig rechtwinkliges Prisma *P* trägt, welches vor der unteren Spalthälfte steht und dazu dient, das zu untersuchende Licht von *L* her durch totale Reflexion in das Spectroskop gelangen zu lassen. An der unteren Seite des Spaltrohrs ist ein horizontaler Messingstreifen *TT'* angeschraubt, dessen beide Hälften bei *M* unter einem Winkel von 170° zusammenstossen. *M* ist ein Verticalsäulchen, das mit einem Zapfen in dem Messingstreifen *TT'* drehbar ist und durch Anziehen der Schraubenmutter *S* geklemmt werden kann. Dieses Säulchen trägt ein kurzes, horizontales[1]), cylindrisches, oben geschlitztes Rohr *RR'*, welches nicht ganz bis in die Mitte von *M* vorgeht. In dieses Rohr passt ziemlich streng ein zweites, vorn an der Aussenseite etwas konisch verjüngtes, hinten mit einem geränderten Ansatz versehenes Rohr *GG'*, auf dessen Vorderseite das Glimmerblatt aufgekittet wird. Die Axe dieses Rohres kann mit der des Spaltrohres in einer Ebene oder etwas höher liegen. Bei *T'* trägt der Messingstreif eine verticale, geschwärzte Blende *BB'*, welche in der Mitte einen verticalen Spalt von $1^{mm},5$ Weite hat. An der nach *M* gekehrten Seite trägt die Blende ein kurzes, cylindrisches Ansatzrohr zur Aufnahme des Nicols *N*. Spalt und Nicol müssen so angebracht sein, dass das hindurchtretende Lichtbündel den oberen Theil des Spectroskopspaltes bis wenigstens zur Mitte deckt.

Nachdem an einem recht ebenen, gleichmässig dicken Glimmerblatt die Ebene der optischen Axen bestimmt ist, bestreicht man den

[1]) Vielleicht ist es zweckmässig, eine Vorrichtung zur Correction der Horizontalität anzubringen, doch ist dieselbe bei guter Ausführung des Apparates zu umgehen.



vorderen Rand des Rohres GG', das man etwas erwärmt, mit einer recht dünnen Schicht von dickflüssigem Canadabalsam und setzt dann das Rohr so auf das (horizontal liegende) Glimmerblatt, dass ein auf der Rückseite von GG' markirter Durchmesser in die Ebene der optischen Axen fällt. Nach dem Erhärten des Balsams drückt man mittelst des Rohres das Glimmerblatt fest auf eine ebene Unterlage von Holz auf und schneidet die vorstehenden Theile dicht am Rande des Rohres mit einem spitzen Messer weg. [1])

Bei L stellt man die gefärbte Flamme eines Bunsenbrenners auf oder leitet durch einen Spiegel von L her Sonnenlicht (je nach der Beschaffenheit des Spectroskops directes, durch Blendgläser geschwächtes oder diffuses) auf das Prisma P und justirt das Spectroskop so, dass man in der einen (bei astronomischem Beobachtungsfernrohr oberen) Hälfte des Gesichtsfeldes die Spectrallinien deutlich sieht. Dann schiebt man das Rohr GG' in sein Tragrohr TT' so weit hinein, dass die Mitte des Glimmerblattes gerade vor das Spaltrohr zu stehen kommt und lässt durch den Spalt in der Blende BB' Licht auf die Mitte des Glimmerblattes fallen. Zur Untersuchung des Spectrums der Sonne oder des elektrischen Funkens muss man auch für die Scale sehr weisses Licht anwenden, also Sonnenlicht oder das Licht einer Kohlenlampe. (Bei nur einiger Vorsicht kann es nicht geschehen, dass man die im Sonnenspectrum erscheinenden Fraunhofer'schen Linien mit benachbarten Interferenzstreifen verwechselt.) Für die Untersuchung gefärbter Flammen, von deren Spectren der hellere Theil zwischen die Linien B und F fällt, reicht Lampenlicht zum Scalenspectrum aus, am besten das Licht eines Petroleumschlitzbrenners, den man bei L' so aufstellt, dass die Flamme der Blende BB' die schmale Seite zuwendet. Man stellt nun den markirten Durchmesser des Rohres GG', also die Axenebene des Glimmerblattes, horizontal und bringt es durch geringes Verschieben des Rohres GG' und Drehen des Säulchens M dahin, dass die Interferenzstreifen recht scharf und deutlich in der zweiten Hälfte (bei astronomischem Beobachtungsfernrohr unteren) des Gesichtsfeldes erscheinen. Bei dieser zweiten Einstellung hat man nur an dem Glimmerblattträger zu stellen und das vorher eingestellte Fernrohr unverrückt zu lassen. Erscheinen die In-

[1]) Der hiesige Mechaniker Herr Lorenz ist gern bereit, übersandte Spectralapparate mit sorgfältig ausgeführten Scalenvorrichtungen zu versehen. Chemnitz, W.



terferenzstreifen nicht deutlich und rein, so ist das Glimmerblatt uneben; erscheinen sie nicht ihrer ganzen Ausdehnung nach gleichmässig, insbesondere in einer gewissen Höhe gabelig in einen anderen Abstand übergehend (wie Fig. 5 Taf. VII), so ist es nicht gleichmässig dick; in beiden Fällen muss es verworfen werden. Wenn der ganze Apparat richtig justirt ist, dürfen sich die Linien und Streifen der beiden Systeme nicht gegeneinander oder gegen das Fadenkreuz seitlich verschieben, wenn man das Ocularrohr des Beobachtungsfernrohres ein wenig auszieht oder einschiebt.

Der zu den folgenden Versuchen benutzte Apparat hat ein Schwefelkohlenstoffprisma von circa 48° brechenden Winkel mit quadratischen Seitenflächen von 41^mm Seitenlänge. Dasselbe ist aus zwei Steinheil'schen Planparallelgläsern mit Zuhülfenahme dreier Stücke gewöhnlichen Spiegelglases zusammengekittet. Das Prisma steht auf einem kleinen Tisch, der mittelst eines Schraubenrades langsam um seine verticale Axe gedreht werden kann. Diese Einrichtung war dem Apparate früher gegeben worden, um das Prisma für jede Farbe leicht auf das Minimum der Ablenkung einstellen zu können; sie ist aber auch sehr geeignet, die Interferenzstreifen behufs der Zählung am Fadenkreuz vorbeizuführen. Das Spaltrohr hat eine ebenfalls Steinheil'sche Linse von 34^mm Oeffnung und 325^mm Brennweite, der Spalt wurde bei den Beobachtungen etwa 0^mm,03 weit gestellt. Als Beobachtungsfernrohr diente ein Steinheil'sches Ablesefernrohr (No. 62 des Preiscourantes von 1867), das zugleich zu anderen Beobachtungen dient und dessen grössere Objectivöffnung bei seiner Verwendung am Spectroskop nicht ausgenutzt wird. Die meist benutzte Vergrösserung war 36, nur für die Linien *A* und *a*, und für den Theil des Spectrums von *G* bis *H* wurde die Vergrösserung 16 angewendet. Der Apparat zeigt mehrere Hundert Fraunhofer'sche Linien und lässt beispielsweise die zwischen den beiden Natronlinien liegende Nickellinie 1005,0 Kirchhoff und die Ungleichheit ihres Abstandes von den beiden Natronlinien im Sonnenspectrum noch deutlich erkennen. Die Leistungsfähigkeit des Apparates reicht gerade aus, um die deutlicher sichtbaren Linien mit den entsprechenden Linien der Kirchhoff'schen Zeichnung zu identificiren.

Es ist an und für sich klar, dass die mit verschiedenen Glimmerscalen erhaltenen Resultate unter einander vergleichbar sein müssen, sobald die Lage des Glimmerblattes gegen den Lichtstrahl die einmal

angenommene bleibt, da die Verzögerungszeit und mit ihr die auf einen bestimmten Theil des Spectrums fallende Streifenzahl der Dicke des Glimmerblattes direct proportional ist. Dagegen war durch den Versuch festzustellen, wie weit die Annäherung an die für die Ableitung der Formel (I) angenommene Gleichheit der Verzögerungszeiten verschiedenfarbiger Strahlen geht, inwieweit also eine Berechnung von Schwingungszahlen oder Wellenlängen aus Scalenbeobachtungen zulässig ist.

Die für die folgenden Rechnungen benutzten Werthe der Wellenlängen sind die der oben citirten Listing'schen Abhandlung. Der l. c. für die Linie D gegebene Werth gilt jedenfalls für die einfach gesehene Linie und ist desshalb für die Mitte der beiden D-Linien genommen. Die Werthe für die beiden einzelnen Linien (590,2 für 1002,8 und 589,8 für 1006,8) konnten daraus unbedenklich durch eine auf Formel (I) basirte Interpolation gewonnen werden, weil selbst eine im allgemeinen sehr beträchtliche Abweichung bei der Gleichheit der Verzögerungszeiten bei dem geringen Abstande der beiden Linien keinen merklichen Fehler veranlassen kann.

Man könnte gleichzeitig alle bekannten Werthe von λ in die Rechnung einführen, um eine möglichste Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung zu erzielen[1]), die Anwendung der Methode der kleinsten Quadrate erscheint aber hier unzulässig. Die auftretenden Differenzen sind weniger durch Beobachtungsfehler veranlasst, als durch die Abweichung der der Rechnung zu Grunde liegenden Annahme von der Wirklichkeit, und überdiess ist den Werthen der Wellenlänge kaum eine gleichmässige Sicherheit zuzuschreiben; die an den schwer sichtbaren Enden des Spectrums liegenden Linien sind schwerlich so genau zu messen, als D, E oder F (der Werth von λ für die Linien a ist höchst wahrscheinlich merklich unrichtig, siehe später). Wendet man die Quadratmethode an, so corrigirt man die Werthe für D, E und F zu Gunsten der weniger sicheren Linien, und will man die gewonnenen Werthe benutzen, um aus Scalenbeobachtungen Wellenlängen zu berechnen, so werden gerade die im hellsten Theile des Spectrums liegenden Farben merklich fehlerhaft bestimmt werden.

---

[1]) Die in Formel (I) supponirte Proportionalität zwischen der Anzahl der Streifenintervalle und den Differenzen der Schwingungszahlen ist für diesen Zweck bequemer auszudrücken durch $\lambda(a+s)=b$, worin λ und s dieselbe Bedeutung haben, wie oben, und a und b aus den Versuchen abzuleitende Constanten sind.



Es schien für den vorliegenden Zweck vortheilhafter, nur zwei möglichst deutliche Linien zu Ausgangspunkten der Rechnung zu wählen, und um dieselbe nicht zu nahe beisammen zu nehmen, wurden *D* und *F* gewählt.

In der folgenden Tabelle giebt die zweite Columne die Orte der Linien auf der Interferenzstreifenscale; als Nullpunkt wurde die höhere der beiden *D*-Linien (1006,8 Kirchhoff) genommen, die gerade auf die Mitte eines Streifens fiel. Die höhere (brechbarere) Seite des Spectrums ist als positiv, die tiefere als negativ bezeichnet. Die dritte Columne gibt die wirklichen Wellenlängen an, die vierte die aus den Werthen für *D* und *F* nach Formel (I) berechneten Wellenlängen, die fünfte die Fehler der so erhaltenen Zahlen. Des Vergleichs wegen sind in der sechsten und siebenten Columne auch die nach der Quadratmethode erhaltenen Zahlen und ihre Fehler gegeben. Ferner enthält die achte Columne die Orte, welche die Linien einnehmen müssten, wenn das reflectirende Blättchen keine Farbenzerstreuung besässe, die neunte die Differenzen zwischen VIII und II, die zehnte giebt die Orte der Streifen an für ein $0^{mm},0799$ dickes Blättchen von Fraunhofer'schem Crownglas Nr. 9 und die elfte die Differenzen zwischen X und II.

	Scala	Wellenlängen					Ideelle Scala	VIII—II	Crown-glasscala	X—II	
		wirkliche	berechnet aus D und F	Fehler	Quadratmethode	Fehler					
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
A	—78,0 —71,0	761,5	med. 758,9	—2,6	761,2	—0,3	—72,9	—0,9	—	—	0,015
a	—58,0 —57,0	722,2	med. 717,3	—4,9	719,5	—2,7	—59,3	—1,8	—	—	0,037
B	—45,4	687,7	686,1	—1,6	689,5	+1,8	—46,1	—0,7	—46,0	—0,6	0,016
C	—32,65	657,0	655,9	—1,0	657,7	+0,7	—33,1	—0,45	—32,3	+0,35	0,015
D 1006,8	0,0	589,6	589,6	0,0	591,0	+1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	—
E	37,9	527,5	527,7	+0,2	528,8	+1,3	38,0	+0,1	38,2	+0,3	0,005
F	68,3	486,7	486,7	0,0	487,6	+0,9	68,3	0,0	68,3	0,0	—
G	117,8 118,4 119,35	431,2	med. 430,6	—0,6	431,0	—0,2	118,7	med. +0,2	122,1	med. +3,6	0,011
H	157,0 158,6	397,3	med. 395,3	—2,0	395,9	—1,4	156,3	med. —1,5	161,6	med. +3,8	0,022

Für die Linien A, a, G und H, welche eine namhafte Breite haben, sind in II die Grenzen angegeben, für G ausserdem noch der Ort (118,4) eines besonders hervortretenden, schwarzen Streifens (2851,1 bis 2854,7 Kirchhoff). Die benutzten Klammern haben, wie auch in der folgenden Tabelle immer die Bedeutung: „von — bis". Columne IX zeigt zunächst, dass die Orte der Spectrallinien auf der Glimmerscala nicht allzuviel abweichen von den Orten, welche sie bei wirklicher Gleichheit der Verzögerungszeiten einnehmen müssten, und die Vergleichung mit XI lässt erkennen, dass die Abweichungen durchschnittlich kleiner sind, als sie bei Anwendung eines Crownglasblättchens sein würden.

Die Werthe in V und VII zeigen im Allgemeinen, wie das zu erwarten war, ein stetiges Anwachsen mit der Entfernung von den Fundamentallinien D und F, nur bei a ist eine plötzliche, starke Ausweichung. Da man kaum annehmen kann, dass für das kurze Stück des Spectrums zwischen A und B die Brechungsexponenten des Glimmers so aussergewöhnlich sind, dass sie diese Unregelmässigkeit veranlassen, so darf man wohl die Richtigkeit des in Columne III für a stehenden Werthes von λ bezweifeln. Sieht man desshalb von der Linie a ab, so ergibt sich der grösste Fehler der nach Formel (I) berechneten Wellenlängen absolut genommen für A, relativ für H, wo er 0,0050 des Werthes von λ beträgt, während er bei A nur 0,0034 dieses Werthes ist. Bei der Kleinheit dieser Fehler ist vielleicht die Anbringung einer Correctionsrechnung kaum zu empfehlen, um aber eine solche zu versuchen, wurden die Fehler mit den zugehörigen Schwingungszahlen und Wellenlängen verglichen; dabei ergab sich, dass die Fehler einigermaassen proportional sind den Differenzen zwischen den Wellenlängen der zugehörigen Linien und der Wellenlänge der nächsten Fundamentallinie. Columne XII gibt die Quotienten an, die man erhält, wenn man die Fehler dividirt durch diese Wellenlängendifferenzen. Die Linien a und E sind dabei ausser Acht zu lassen, a aus dem schon angegebenen Grunde und E, weil zwischen D und F die Fehler so klein sind, dass ihre wirkliche Grösse fast verdeckt wird durch die Ungenauigkeit, welche das Weglassen der zweiten Decimalstelle bedingt. Das Mittel aus den übrigen fünf Werthen der Columne XII ist 0,016, wovon die Werthe von A, B und C von nicht mehr als 0,001, die für G und H um nicht mehr als 0,006 abweichen.

Zwischen D und F können die nach Formel (I) gefundenen Werthe ohne Weiteres benutzt werden. Für die unterhalb D und oberhalb F gelegenen Theile des Spectrums kann man jede Wellenlänge vergrössern um 0,016 der Differenz zwischen ihr selbst und der Wellenlänge der nächsten Fundamentallinie. Die solchergestalt erhaltenen Werthe sind jedenfalls vom rothen Ende des Spectrums bis etwas über F um nicht mehr als ein Fünftel eines Milliontelmillimeters falsch, und auch in dem wenig lichtstarken, violetten Theile wird die Unsicherheit kaum grösser sein, als sie bei directer Bestimmung mittelst eines Gitterspectrums ist.

Will man aber die Benutzung des Glimmerspectrums zur Ermittelung der Wellenlänge als eine blosse Annäherung ganz verwerfen, so wird man doch denselben seine Brauchbarkeit als vergleichbare Scale kaum absprechen können. In dieser Hinsicht möchte ich mir folgenden Vorschlag erlauben.

Als Nullpunkt der Zählung nehme man D und zwar, wenn der benutzte Apparat die Linie doppelt zeigt, die höhere Linie 1006,8 Kirchhoff. Den Abstand jeder anderen zu bestimmenden Linie gebe man an, verglichen mit dem Abstand der Linie F, indem man letzteren gleich 100 setzt. Unter Abstand ist dabei die Anzahl (s) der zwischenliegenden Streifenintervalle verstanden. Die von D nach dem höheren Ende des Spectrums liegenden Abstände bezeichne man als positiv, die entgegengesetzt liegenden als negativ.

Die folgende Tabelle gibt die auf der Glimmerscale bestimmten Orte einer Anzahl Fraunhofer'scher Linien. Es enthält Columne I die Bezeichnung nach dem grossen Kirchhoff'schen Spectralwerke, beziehentlich die Fraunhofer'sche Buchstabenbezeichnung, Columne II den unmittelbar beobachteten Ort, Columne III den nach obigem Vorschlag auf D $1006{,}8 = 0$, $F = 100$ reducirten Ort, Columne IV die nach Formel (I) berechnete Schwingungszahl und Columne V die daraus berechnete Wellenlänge, der durch ein + Zeichen die entsprechende Correction beigefügt ist.

Bezeichnung nach Kirchhoff und Fraunhofer	Interferenzscale 1006,8 = 0		Berechnet	
	Beobachtet	Reducirt $F = 100$	$n = \frac{1}{\lambda}$	λ
I.	II.	III.	IV.	V.
A { 387,5	{ —73,0	{ —106,9	{ 0,00131256	{ 761,9+2,8
{ 406,8	{ —71,0	{ —103,95	{ 132315	{ 755,8+2,7
a { 499,0	{ —58,0	{ — 84,9	{ 139142	{ 718,7+2,1
{ 507,4	{ —57,0	{ — 83,4	{ 139667	{ 715,9+2,0
B 592,7	—45,4	— 66,45	145758	686,1+1,5
C 604,1	—32,65	— 47,8	152454	655,9+1,1
711,4	—30,7	— 44,95	153478	651,6+1,0
{ 718,7 { 720,1	—29,7	— 43,5	154003	649,3+1,0
798,5	—20,8	— 30,45	158676	630,2+0,6
809,5	—19,7	— 28,85	159254	627,9+0,6
863,1	—14,1	— 20,65	162195	616,5+0,4
877,0	—12,8	— 18,75	162877	614,0+0,4
884,9	—12,1	— 17,7	163245	612,6+0,4
894,9	—11,2	— 16,4	163718	610,8+0,3
D { 1002,8	— 0,3	— 0,45	169441	590,2
{ 1006,8	0,0	0,0	169599	589,6
1029,3	1,7	2,5	170492	586,5
1096,1	7,1	10,4	173327	576,9
1135,1	10,1	14,8	174903	571,7
1151,1	11,4	16,7	175585	569,5
1174,2	13,2	19,5	176531	566,5
1200,6	15,2	22,25	177581	563,1
1207,3	15,8	23,15	177896	562,1
1217,8	16,4	24,0	178211	561,1
1221,6	16,7	24,45	178369	560,6
1224,7	17,0	24,9	178526	560,1
1231,3	17,4	25,5	178736	559,5
1242,6	18,2	26,65	179156	558,2
1245,6	18,4	26,95	179261	557,8
1280,0	21,0	30,75	180627	553,6
1324,8	24,2	35,45	182307	548,5
1337,0	25,1	36,75	182780	547,1
1343,5	25,6	37,5	183042	546,3
1351,1	26,2	38,35	183357	545,4
1367,0	27,25	39,9	183909	543,7
1372,6	27,65	40,5	184119	543,1
1380,5	28,2	41,3	184407	542,3
1389,4	28,8	42,15	184723	541,4
1390,9	28,9	42,3	184880	540,9
1397,5	29,35	42,95	185011	540,5
1410,5	30,25	44,3	185484	539,1
1421,5	31,0	45,4	185878	538,0
1450,8	33,05	48,4	186954	534,9
{ 1462,8 { 1463,3	33,9	49,65	187401	533,6
1466,8	34,2	50,05	187588	533,2
1473,9	34,7	50,8	187821	532,4
1487,7	35,7	52,25	188346	530,9
{ 1491,2 { 1491,6	35,9	52,55	188451	530,6

Bezeichnung nach Kirchhoff und Fraunhofer	Interferenzscale 1006,8 = 0		Berechnet	
	Beobachtet	Reducirt $F = 100$	$n = \frac{1}{\lambda}$	λ
1506,3	36,9	54,05	0,00188976	529,2
1508,6	37,0	54,15	189029	529,0
1515,5 1516,5	37,5	54,9	189291	528,3
1519,0	37,65	55,1	189370	528,1
E 1522,7 1523,9	37,9	55,5	189491	527,7
1527,7 1528,7	38,15	55,85	189632	527,3
1569,6	40,5	59,3	190867	523,9
1577,2	40,9	59,9	191077	523,3
1601,4	42,15	61,7	191733	521,6
1622,3 1623,4	43,3	63,4	192337	519,9
b 1634,1	43,9	64,3	192652	519,1
1648,8	44,7	65,45	193072	517,9
1655,6	45,0	65,9	193230	517,5
1662,8	45,35	66,4	193413	517,0
1689,5 1691,0	46,75	68,45	194149	515,1
1693,8	47,0	68,8	194280	514,7
1696,5 1697,0	47,15	69,05	194359	514,5
1701,8	47,4	69,4	194490	514,2
1733,6	49,1	71,9	195383	511,8
1737,7	49,3	72,2	195488	511,5
1750,7	49,95	73,15	195829	510,6
1752,8	50,1	73,35	195908	510,4
1776,5 1778,5	51,4	75,25	196590	508,7
1787,7 1788,7	51,9	76,0	196853	508,0
1799,0	52,5	76,9	197168	507,2
1818,7	53,5	78,35	197693	505,8
1821,4	53,75	78,7	197824	505,5
1833,4 1834,3	54,2	79,35	198061	504,9
1841,0 1842,2	54,7	80,1	198323	504,2
1854,9	55,3	80,95	198638	503,4
1867,1	56,0	82,0	199006	502,5
1885,8 1886,4	56,95	83,4	199505	501,2
1908,5	58,1	85,05	200109	499,7
1919,8 1923,5	58,7 58,8	85,95 86,05	200424 200476	498,9 498,8
1960,8 1961,2	60,75	88,95	201500	496,3
1982,8 1985,8	62,2 62,3	91,05 91,2	202262 202314	494,4 494,3
1989,5 1990,4	62,6	91,65	202472	493,9
2005,2	63,7	93,25	203049	492,5

Bezeichnung nach Kirchhoff und Fraunhofer	Interferenzscale 1006,8 = 0		Berechnet	
	Beobachtet	Reducirt $F = 100$	$n = \frac{1}{\lambda}$	λ
2041,3	65,95	96,55	0,00204231	489,6
2058,0	67,0	98,1	204782	488,3
2066,2 2067,1	67,6	99,0	205097	487,6
F 2080,0	68,3	100,0	205465	486,7
2121,9	71,4	104,55	207093	482,9+0,1
2163,7 2164,0	74,6	109,2	208773	479,0+0,1
2167,5	74,9	109,65	208931	478,6+0,1
2222,3	78,85	115,45	211005	473,9+0,2
2233,7	79,7	116,7	211451	472,9+0,2
2249,7	80,8	118,3	212029	471,6+0,2
2264,3	81,8	119,75	212554	470,5+0,3
2308,2	84,8	124,15	214130	467,0+0,3
2310,4	84,95	124,4	214208	466,8+0,3
2325,3	86,1	126,05	214812	465,5+0,3
2333,0	86,6	126,8	215075	465,0+0,3
2336,8	86,8	127,1	215180	464,7+0,4
2346,7 2347,3	87,6	128,55	215705	463,6+0,4
3379,0	89,8	131,5	216755	461,4+0,4
2381,6	89,95	131,7	216834	461,2+0,4
2395,8 2397,4	90,9	133,1	217333	460,1+0,4
2406,6	91,7	134,25	217753	459,2+0,4
2416,0 2416,3	92,2	135,0	218015	458,7+0,4
2422,3	92,7	135,75	218278	458,1+0,5
2435,5	93,6	137,05	218751	457,1+0,5
2467,6	95,65	140,05	219827	454,9+0,5
2486,6	96,9	141,85	220484	453,5+0,5
2500,3	97,9	143,35	221009	452,5+0,5
2565,0	102,0	149,35	223162	448,2+0,6
2599,7	104,0	152,25	224212	446,0+0,7
2606,6	104,6	153,15	224527	445,4+0,7
2646,2	107,0	156,65	225787	442,9+0,7
2670,0	108,6	159,0	226627	441,3+0,7
2686,4	109,6	160,45	227153	440,2+0,7
2720,8 2721,6	111,7	163,55	228255	438,1+0,8
2775,7	114,9	168,25	229936	434,9+0,8
2795,7 2796,7	116,0	169,85	230513	433,8+0,8
2821,6 2822,3	117,7	172,35	231406	432,1+0,9
2841,4	118,8	173,95	231984	431,1+0,9
G 2854,1 2854,7	119,5	174,95	232351	430,4+0,9
2869,7	120,3	176,15	232771	429,6+0,9
—	123,4	180,65	234399	426,6+1,0
—	124,6	182,45	235029	425,5+1,0
—	125,7	184,05	235607	424,4+1,0

Bezeichnung nach Kirchhoff und Fraunhofer	Interferenzscale 1006,8 = 0		Berechnet	
	Beobachtet	Reducirt $F = 100$	$n = \frac{1}{\lambda}$	λ
—	128,1	187,55	0,00236867	422,2+1,0
—	128,2	187,7	236920	422,1+1,0
—	137,4	201,3	241804	413,6+1,2
—	142,2	208,2	244272	409,4+1,2
—	142,4	208,5	244377	409,2+1,2
—	145,9	213,6	246215	406,1+1,3
—	146,9	215,1	246740	405,3+1,3
—	149,0	218,15	247842	403,5+1,3
H —	158,0	231,35	252569	395,9+1,5
H —	159,5	233,55	253356	394,7+1,5

Da die Zahlen der Columne II nur Zwanzigstel, meist nur Zehntel geben, so sind auch die der Columne III nicht weiter, als bis auf Zwanzigstel angegeben. Die Zahlen in Columne IV und V sind natürlich aus den unmittelbar gefundenen Zahlen der Columne II berechnet. Aufgeführt sind so viel Linien, als mit der Kirchhoff'schen Spectralzeichnung verglichen werden mussten, um die Identität derselben feststellen zu können. Da sich nämlich das Aussehen der Liniengruppen mit der grösseren oder kleineren Dispersion des Apparates wesentlich ändert, so ist die Aufsuchung einzelner Linien keineswegs leicht und lässt sich zumal von der Mitte des Gelb bis zum Cyan (einschliesslich) nur ausführen, wenn man von einer deutlich erkennbaren Linie $\left(\text{z. B.} \begin{cases}1462,8\\1463,3\end{cases}, E, b, \begin{cases}1960,8\\1961,2\end{cases}, F\right)$ aus in kleinen Abständen fortgehend Linie für Linie vergleicht. Besonders ist bei Apparaten von kleinerer Dispersion nicht leicht zu erkennen, ob die grössere Deutlichkeit einer Linie durch etwas grössere Breite oder durch stärkere Dunkelheit veranlasst sei. In Fig. 6 Taf. VII sind die Orte der beobachteten Linien eingetragen, bei Linen von besonderer Dunkelheit oder Breite sind auch diese Eigenschaften etwas angedeutet. In der Zeichnung sind ausser der Interferenzscale und der Buchstabenbezeichnung noch die Mitten und Gränzen der Farben nach der Listing'schen Scale [1]) und die Hunderte der Kirchhoff'schen Millimeterscale angegeben.

---

[1]) Die meist als gelb bezeichneten Natronlinien fallen nach dieser Scale ins Orange. Dass sie in der That orange sind, sieht man, wenn man die Stelle der *D*-Linien im Sonnenspectrum oder eine Natronflamme im Tageslichte betrachtet; bei künstlichem Lichte erscheint die Natronflamme durch den Contrast fast schwefelgelb. Wie sehr der Contrast die Farbeneindrücke beeinflusst, zeigt sich recht deut-

Diese Zeichnung kann vielleicht dienen, um die Linien, welche man mit gewöhnlichen Spectroskopen, wie sie in Laboratorien üblich sind, wahrnimmt, mit den entsprechenden Linien oder Gruppen zu identificiren; bei directer Vergleichung mit diesem grossen Werke sind kaum mehr, als die mit Buchstaben bezeichneten Linien aufzufinden, wenn der benutzte Apparat nicht wenigstens etliche Hundert Linien zeigt.

Chemnitz, im Juli 1869.

---

lich, wenn man den zwischen einer natronhaltigen Lithionlösung und einer Platinelectrode überspringenden Inductorfunken spectroskopirt. Die orange Linie βLi erscheint fast gelb, wenn sie in einem kleinen Gesichtsfelde mit αLi, dagegen roth, fast purpurn, wenn sie mit αNa zusammen gesehen wird. Verdunkelt man plötzlich eine Hälfte eines Sonnenspectrums, indem man den Spalt halb verdeckt, so erblickt man an dieser Stelle ein schön complementares Spectrum.

Theorie der Waagebarometer.

Von

Dr. Alois Handl,

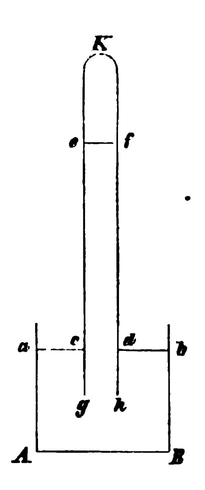
k. k. Professor an der Universität in Lemberg.

(Mit einem Holzschnitte.)

(Wiener Sitzungsbericht Bd. LIX. p. 7 ff.)

Die Theorie der Waagebarometer ist bisher noch wenig beachtet worden; diejenigen, welche sich mit ihrer Construktion und Beobachtung beschäftigten, begnügten sich meist mit oberflächlichen oder geradezu falschen Anschauungen und Rechnungen über dieselben[1]), und so dürfte es gerechtfertigt erscheinen, das ich alle auf den Gleichgewichtszustand eines solchen Instrumentes einwirkenden Umstände in Rechnung zu nehmen und in Formeln zu bringen suchte, welche dann auf jeden speciellen Fall ihre Anwendung finden könnten.

Es sei in der beistehenden Figur *ABba* ein Gefäss, bis *ab* mit Quecksilber gefüllt, ferner *ghk* ein oben geschlossenes, luftleeres Rohr, in welchem das Quecksilber bis *ef* steht. Bei den „Gefässbarometern" ist das Rohr mit dem Gefässe fest verbunden, und die Höhe $ce = b$ ist das Maass des Luftdruckes; bei den „Waagebarometern" sind Gefäss und Rohr gegeneinander beweglich, durch irgend welche Gegengewichte balancirt, und man sucht die Veränderungen des Luftdruckes durch Beobachtung der relativen Bewegungen der beiden zu ermitteln. Um diesen Zweck mit Berücksichtigung aller Umstände zu erreichen, können folgende Betrachtungen dienen:



§. 1. Der Apparat besteht aus zwei Theilen, von denen wir zuerst das Rohr mit dem, was dazu gehört, der Untersuchung unterziehen:

1) Vergl. **Radau** in Pogg. Ann. 133, pag. 430 ff. — Repertorium Bd. III. p. 295 ff.

Das Gewicht des ganzen, leeren Rohres (alle Gewichte auf den luftleeren Raum reducirt), sei R, das (veränderliche) Gewicht der Quecksilbersäule *cdfe*, welche durch den Luftdruck im Innern des Rohres über das Niveau *ab* gehoben wird, sei G. (Wir können dabei annehmen, das Rohr sei so weit, dass keine Capillar-Depression stattfindet.)

Der Auftrieb, welchen das eingetauchte Röhrenstück *ghcd* erleidet, sei A; und zwar ist er zunächst nur auf den ringförmigen, von den Wänden des Rohres eingenommenen Raum zu beziehen, nicht auch auf den lichten, vom Qecksilber gefüllten Raum.

Ferner sei der Gewichtsverlust des ganzen, von dem Stücke *cdk* des Rohres eingenommenen Raumes in der atmosphärischen Luft: $= L$, und endlich:
sei das Gegengewicht, welches durch Vermittlung irgend einer mechanischen Vorrichtung das Rohr in die Höhe zu heben sucht: $= P$, so ist im Zustande des Gleichgewichtes:

$$-R-G+P+A+L=o \tag{1}$$

Dass man bei der Aufstellung dieser Gleichung die unmittelbare Wirkung des Luftdruckes auf die Wände des Rohres und auf das Quecksilber ganz ausser Acht lassen kann, indem man nur seinen mittelbaren Einfluss auf die Werthe von G und L zu berücksichtigen hat, lässt sich zum Ueberflusse noch folgendermaassen erhärten:

Denken wir uns den Theil *cdk* des Rohres sammt der darin enthaltenen Quecksilbersäule von dem übrigen Apparate getrennt, die Oberfläche *cd* des Quecksilbers zunächst unbeweglich und das Ganze allseitig von Luft umgeben; zerlegen wir ferner den Luftdruck auf jedes einzelne Oberflächen-Element dieses Körpers in eine verticale und horizontale Componente, so heben sich alle letzteren gegenseitig auf; die ersteren geben eine nach aufwärts wirkende Kraft (L) als Resultirende, gleich dem Gewichte der verdrängten Luftmenge.

Ist also R' das wahre Gewicht des herausgehobenen Röhrenstückes *cdk*, so ist $R'+G-L$ das scheinbare Gewicht des ganzen Systems. Wenn nun aber die untere Fläche *cd*, deren Grösse: $= f$ sei, beweglich ist, so wird einerseits das Gewicht des ganzen Systems vermindert erscheinen, und zwar um das Gewicht der Quecksilbersäule von durchaus gleichem Querschnitte f und der Höhe $ce=b$, andererseits ist aber von den nach aufwärts wirkenden Componenten des Luftdruckes gerade die

gleiche Kraft, eben zum Tragen jener Quecksilbersäule in Anspruch genommen; es wird also:

$$G \text{ in}: G - fbs,$$

aber auch

$$L \text{ in}: L - fbs,$$

übergehen, und das ganze System bleibt ebenso schwer wie vorher. (Unter s ist das specifische Gewicht des Quecksilbers verstanden.)

Wir haben nun die einzelnen in der Gleichung (1) auftretenden Grössen näher zu bestimmen:

R ist immer eine gegebene, unveränderliche Grösse; P kann, je nach der Einrichtung des Apparates, verschieden beschaffen sein: Bei denjenigen Barometern, welche ein schwimmendes Rohr haben, ist $P = o$; bei denen, wo das Rohr an einer gleicharmigen Wage hängt, ist P constant; bei jenen endlich, wo das Rohr an dem Arm einer Zeigerwaage hängt, oder durch ein auf einer Schnecke aufgehängtes Gegengewicht balancirt ist, ist P in einem einfachen Verhältnisse mit der Stellung des ganzen Rohres veränderlich.

Das Gewicht der Quecksilbersäule $cdfe$ ist:

$$G = Vs, \tag{2}$$

wenn V das innere Volumen des Rohres von c bis e bedeutet. Hätte das Rohr durchaus gleichen inneren Querschnitt (q), so wäre:

$$V = qb,$$

ist aber der lichte Querschnitt des Rohres veränderlich, und in jedem Abstande (h) vom unteren Ende gh durch die Gleichung:

$$q = f(h) \tag{3}$$

gegeben, so wird

$$V = \int_{h=gc}^{h=ge} f(h).dh = \int_{gc}^{ge} q.dh. \tag{4}$$

Es wird offenbar auf dasselbe herauskommen, wenn wir das Gewicht der Quecksilbermenge im Raume $ghdc$ noch zu G rechnen, und dann zur Ausgleichung auch den gegen die Röhrenwandung $ghdc$ geübten Auftrieb um einen gleichen Werth vergrössern, also durch den auf den vollen Raum $ghdc$ wirksamen Auftrieb ersetzen. Dann können wir statt G einen anderen Werth:

$$G' = s \int_{o}^{ge} q.dh \tag{5}$$

setzen, wenn wir nur auch statt A ein geändertes A' einführen. Dieses aber wird:

$$A' = V's, \tag{6}$$

wobei analog den früheren Bezeichnungen, unter q' der Querschnitt des Rohres, bis an die äussere Wand gerechnet, verstanden sein soll und:

$$V' = \int_{o}^{gc} q'.dh \tag{7}$$

ist.

Ganz in gleicher Weise ist:

$$L = V''.\sigma \tag{8}$$

wenn V'' das äussere Volumen des Rohres von cd bis k, σ das specifische Gewicht der Luft unter den jedesmal herrschenden Umständen bedeutet.

Man hat hier wieder:

$$V'' = \int_{gc}^{gk} q'.dh = \int_{o}^{gk} q'.dh - \int_{o}^{gc} q'.dh = M - \int_{o}^{gc} q'.dh \tag{9}$$

wenn unter M der ganze Rauminhalt des Rohres ghk (bis zu seinen äusseren Wandungen gerechnet), verstanden wird. Es ist zu bemerken, dass man, mit Rücksicht auf den kleinen Werth von σ, statt V'' öfters den ungeschmälerten Werth M wird anwenden dürfen, wenn nämlich nur ein verhältnissmässig kleiner Theil des Rohres im Quecksilber eingetaucht erscheint.

Substituirt man jetzt die Werthe von (2) bis (9) in die Gleichung (1) so erhält man:

$$-R + P + \sigma M - s \int_{o}^{ge} q.dh + s \int_{o}^{x} q'.dh - \sigma \int_{o}^{x} q'.dh = o, \tag{10}$$

wobei statt gc das Zeichen x eingesetzt ist.

Streng genommen muss der constante Werth M noch um den Betrag des Raumes, welchen das Gegenwicht P einnimmt, vermindert

werden; wir können unbedenklich das Zeichen M beibehalten, und die eben angedeutete Verbesserung seines Werthes bereits ein für allemal daran angebracht denken.

Bezeichnen wir nun mit σ_0 das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft bei 0^0 und dem (auf 0^0 reducirten) Barometerstande von 760 Mm., so ist bei der Temperatur t^0 und dem (reducirten) Luftdrucke b_0 Mm.:

$$\sigma = \frac{\sigma_0 . b_0}{760.(1+\alpha t)} \tag{11}$$

wobei α der Ausdehnungscoefficient der Luft für einen Temperaturgrad ist.

Wenn wir ebenso alle Werthe, welche die in Rede stehenden Grössen bei der Temperatur 0^0 annehmen, durch den Index o bezeichnen, ferner den cubischen Ausdehnungscoefficienten des Quecksilbers $= \beta$, die linearen Ausdehnungscoefficienten des Materiales der inneren und äusseren Röhrenwand $= \gamma$ und γ' nennen, so wird:

$$s = \frac{s_0}{1+\beta t'} \tag{12}$$

$$q . dh = (1+3\gamma t) . q_0 . dh_0, \tag{13}$$

$$q' . dh = (1+3\gamma' . t) . q'_0 . dh_0 \tag{14}$$

$$M = (1+3\gamma' . t) . M_0 \tag{15}$$

Dass man für den inneren und äusseren Querschnitt des Rohres verschiedene Ausdehnungscoefficienten annimmt, hat seinen Grund darin, weil bei manchen Instrumenten das Rohr aus verschiedenen Theilen zusammengesetzt, z. B. mit einem Holzringe oder einem Blechmantel als Schwimmer umgeben ist.

Aus den Gleichungen 11—15 erhält man an Stelle der Gleichung (10):

$$-R+P+b_0\frac{\sigma_0 M_0(1+3\gamma'.t)}{760(1+\alpha t)} - s_0\frac{1+3\gamma'.t}{1+\beta t}\int_o^{ge} q_0 . dh_0 +$$

$$+s_0\frac{1+3\gamma'.t}{1+\beta t}\int_o^x q'_0 . dh_0 - \frac{b_0\sigma_0}{760} . \frac{1+3\gamma . t}{1+\alpha t}\int_o^x q'_0 . dh_0 = o. \tag{16}$$

Was nun die Bestimmung der Integralgrenzen anbelangt, denken wir uns das Rohr mit einer Theilung versehen, welche bei 0^0 richtig

ist. Die vorigen Formeln sind bereits so gestellt, dass die Integration immer bis zu jenem Werthe von h auszuführen ist, welcher auf dem mit der Fläche cd oder ef zusammenfallenden Theilstriche angegeben wird. Nun haben wir die Bedingung zu erfüllen, dass die Quecksilbersäule $ce = b$ dem Luftdrucke b_0 das Gleichgewicht halte, also $b = b_0\,(1 + \beta t)$ sei; auf der Theilung aber, welche im Rohre angebracht ist, würde man bei der Temperatur t nur die Länge $\frac{b}{1+\gamma t}$ statt b ablesen, daher ist die Integrationsgrenze:

$$ge = gc + b_0 \frac{1+\beta t}{1+\gamma t} \tag{17}$$

Der Werth von $gc = x$ aber muss schliesslich so bestimmt werden, dass die Gleichung (16) erfüllt sei; man findet aus dieser Gleichung, wie tief das Barometerrohr jedesmal in das Quecksilber des Gefässes eintauchen muss, damit Gleichgewicht bestehe.

§ 2. Wenden wir uns nun zum zweiten Theil des Apparates, dem Gefässe $ABba$: S sei die ganze vorhandene Raummenge des Quecksilbers bei 0^0, also $S(1 + \beta t)$ sein Gesammtvolumen bei der Temperatur t^0, so ist dieses, vermindert um das Volumen im Raume $cdfe$, und vermehrt um den von den Gefässwänden $ghdc$ in Anspruch genommenen Raum, gleich den Volumen des Gefässes, $ABba$, vom Boden bis zum Niveau ab. Drücken wir dies in der bisher eingeführten Bezeichnungsweise aus, und nennen q'' den inneren Querschnitt, γ'' den linearen Ausdehnungscoefficienten des Gefässes, setzen ausserdem $Aa = y$, so wird:

$$S(1+\beta t) - (1 + 3\gamma t)\int_{gc}^{ge} q_0 . dh_0 + \int_0^{gc} [(1+3\gamma' . t) q'_0 - (1+3\gamma . t) . q_0] . dh_0 =$$

$$= (1 + 3\gamma'' . t) \int_0^y q_0'' . dh_0 \tag{18}$$

oder:

$$S(1+\beta t) - (1 + 3\gamma t)\int_0^{ge} q_0 . dh_0 + (1 + 3\gamma' . t)\int_0^x q_0' . dh_0 =$$

$$= (1 + 3\gamma'' t)\int_0^y q_0'' . dh \tag{19}$$

Hat man aus der Gleichung (16) den Werth x bestimmt, so dient (19) zur Ermittlung von y, und:

$$x - y = z \tag{20}$$

ist die Entfernung des unteren Röhrenendes gh von dem Boden des Gefässes, also diejenige Grösse, durch welche die Stellung der beiden gegen einander bestimmt wird.

Sollte aber nun das Gefäss beweglich und durch ein Gegengewicht Q balancirt sein, so ist dabei noch die folgende Bedingung zu erfüllen:

T sei das Gewicht des leeren Gefässes, U das Gewicht des darin enthaltenen Quecksilbers mit Ausschluss der Säule $cdfe$, A der dem archimedischen Principe zufolge durch das Eintauchen der Röhrenwand $ghdc$ hervorgerufene hydrostatische Druck nach abwärts, so ist leicht einzusehen, dass:

$$U + A = \frac{s_0(1 + 3\gamma'' t)}{1 + \beta t} \int_o^y q_0''.dh_0 \tag{21}$$

ist; ferner muss:

$$-T + Q - U - A + L' = o \tag{22}$$

sein, wenn noch L' den Gewichtsverlust des Gefässes und des darin enthaltenen Quecksilbers in der atmosphärischen Luft bedeutet. Auch hier hat man, so wie es bereits bei der Besprechung des Werthes von L und M erwähnt wurde, auch den Gewichtsverlust des Gegengewichtes Q zu berücksichtigen; man wird wohl in den meisten Fällen zur Ermittlung von L' nur das Quecksilbervolum $ABba$ allein benützen dürfen; streng richtig wäre dies dann, wenn das Volumen der Gefässwände gleich wäre dem des Gegengewichtes. Dann hätte man:

$$L' = \frac{b_0\sigma_0(1 + 3\gamma''.t)}{760(1 + \alpha t)} \int_o^y q_0''.dh_0 \tag{23}$$

und die Gleichung (22) ginge somit über in:

$$(-T + Q) - (1 + 3\gamma''.t)\left[\frac{s_0}{1 + \beta t} - \frac{b_0\sigma_0}{760(1 + \alpha t)}\right] \cdot \int_o^y q_0''.dh_0 = o \tag{24}$$

Man ist also im Stande, aus (24) den Werth von y, dann aus (19) den von x, und also auch z zu bestimmen, und hat im Ganzen wieder dasselbe wie bei beweglichem Rohre.

§ 3. Wollen wir die vorstehenden Entwicklungen auf einen einfachen speciellen Fall anwenden, so setzen wir voraus, es sei sowohl das Rohr als das Gefäss von cylindrischer Form, also q, q' und q'' constant, aus demselben Material, also $\gamma = \gamma' = \gamma''$; ferner stehe das Gefäss fest, das Rohr hänge an dem Arme einer gleicharmigen Waage, dessen Länge $= l$ sei; das Gegengewicht P ist dabei constant, und in die Gleichung (16) haben wir einzusetzen:

$$\int_o^{ge} q_0 \,.\, dh_0 = q_0 \,.\, g\,e,$$

$$\int_o^{x} q_0' \,.\, dh_0 . = q_0' \,.\, x.$$

Das letzte Glied dieser Gleichung kann vernachlässigt werden, da es nur die immer sehr geringen Veränderungen im Gewichtsverluste des Rohres enthält. So ergibt sich aus (16):

$$-R + P + b\frac{\sigma M}{760} \cdot \frac{1+3\gamma t}{1+\alpha t} - sq\left(x + b\frac{1+\beta t}{1+\gamma t}\right)\frac{1+3\gamma t}{1+\beta t} + \\ + sq' . x\frac{1+3\gamma t}{1+\beta t} = o. \tag{25}$$

(Die Indices o wurden überall weggelassen.)

Dies gibt:

$$(-R+P) + b\left[\frac{\sigma M}{760}(1+\overline{3\gamma-\alpha}\,.\,t) - sq(1+2\gamma\,.\,t)\right] + \\ + x\,s(q'-q)(1+\overline{3\gamma-\beta}\,.\,t) = o \tag{26}$$

weil man wegen der Kleinheit der Coefficienten α, β, γ, sich mit den ersten Gliedern der in Reihen entwickelten Quotienten

$$\frac{1+3\gamma\,.\,t}{1+\alpha t},\quad \frac{1+3\gamma t}{1+\gamma t},\quad \frac{1+3\gamma t}{1+\beta t}$$

begnügen darf.

In derselben Weise erhält man aus (19):

$$S(1+\beta t) - bq(1+\overline{2\gamma+\beta}\,.\,t) + x(q'-q)(1+3\gamma\cdot t) = y\,.\,q''(1+3\gamma\,.\,t) \tag{27}$$

und indem man diese beiden letzten Gleichungen benützt, erhält man nach einigen leichten Transformationen:

$$z = y - x = (1 + \overline{\beta - 3\gamma . t}) . \frac{1}{q''} \left[S + \frac{P - R}{s} \frac{q'' - q' + q}{q' - q} \right] -$$

$$(28) \quad - b \left[\frac{q}{q' - q} (1 + \overline{\beta - \gamma . t}) - \frac{\sigma}{s} \frac{M}{760} \frac{q'' - q' + q}{q''(q' - q)} (1 + \overline{\beta - \alpha . t}) \right]$$

Steht bei irgend einer constanten Temperatur und einem Barometerstande b_1, der Waagebalken horizontal, so entspricht dieser Stellung ein Werth z_1; bei einem anderen Werthe $b_1 + b' = b$ wird $z = z_1 + z'$ werden, und der Ausschlagswinkel (φ) an der Waage ist bestimmt durch

$$(29) \qquad \sin \varphi = \frac{z'}{l} .$$

die Aenderungen im Sinus des Ausschlagswinkels sind demnach den Aenderungen des Barometerstandes proportional; damit aber die Temperatur keinen Einfluss auf die Angaben des Instrumentes habe, muss:

$$(30) \qquad S + \frac{P - R}{s} \frac{q'' - q' + q}{q' - q} = o,$$

oder

$$\beta - 3\gamma = o$$

und auch:

$$(31) \qquad \frac{q}{q' - q} (\beta - \gamma) - \frac{\sigma}{s} \frac{M}{760} \frac{q'' - q' + q}{q''(q' - q)} (\beta - \alpha) = o$$

sein. Die Empfindlichkeit des Instrumentes wird dann durch den Ausdruck:

$$(32) \qquad z' = - b' \left[\frac{q}{q' - q} - \frac{\sigma}{s} \frac{M}{760} \frac{q'' - q' + q}{q''(q' - q)} \right]$$

charakterisirt. Ich glaube hier nicht näher auf die Discussion dieser Formeln oder auf die Betrachtung anderer Fälle eingehen zu sollen, da es sich mir zunächst nur um die Aufstellung der allgemeinen Gleichungen handelte.

Kleinere Mittheilungen.

Verschiedene Einrichtungen des Verdunstungsmessers.

Von Prof. v. Lamont.

(Hiezu Taf. VI. Figg. 1—3.)

Als ich mit Herstellung des Verdunstungsmessers, welchen man im IV. Bande dieses Repertoriums S. 197 beschrieben findet, mich beschäftigte, wurden in der mechanischen Werkstätte der Sternwarte verschiedene andere Einrichtungen versucht, wovon ich hier zwei in Kürze erwähnen will, weil ich glaube, dass sie unter besonderen Verhältnissen als ganz zweckmässig sich erweisen könnten.

Die erste Einrichtung, wovon die Skizze Fig. 1 eine Vorstellung geben kann, ist höchst einfach und besteht aus zwei Glaskapseln A und B mit 12 pariser Linien, und einer dazwischen befindlichen Communicationsröhre ab mit 0.9 Linien innerem Durchmesser: die Kapsel A ist offen, die Kapsel B durch einen Metalldeckel verschlossen, in welchem bei e eine möglichst feine Oeffnung sich befindet. Füllt man das Instrument mit Wasser, so dass in der Communicationsröhre eine Luftblase cd zurückbleibt, so geht die Verdunstung in der offenen Kapsel A ungehindert vor sich, während in der Kapsel B nur eine verschwindend kleine Wassermenge verdunsten wird, und da in den Kapseln A und B das Wasser stets in gleichem Niveau bleiben muss, so wird die Luftblase cd in dem Maasse, als die Kapsel A durch Verdunstung Wasser verliert, allmählig gegen a vorrücken. Damit ist im Grunde die ganze Theorie des neuen Verdunstungsmessers erklärt; was aber die Aufstellung betrifft, so muss noch einiges näher erläutert werden. Das Glas ist durch die beiden Klemmen a und b an der Holzunterlage CD festgemacht. Diese Holzunterlage selbst wird getragen von einem als Fuss dienenden Kästchen EF und hat eine verticale Bewegung um die horizontale, genau unter der Mitte der Kapsel A befindliche Axe f, zur Hervorbringung der verticalen

Bewegung, d. h. zur Aenderung der Neigung gegen den Horizont dient die in der gewöhnlichen Weise mit einem Index J und einer Theilung versehenen Kopfschraube gg', welche ihren Gang in dem Kästchen EF hat, und genau unter der Mitte von B angebracht ist. Wird durch $2n$ Umdrehungen der Schraube die Kapsel B um $2h$ Linien erhöht, so steigt in A das Wasser um h Linien und die Luftblase geht vorwärts gegen a um einen an der Scala SS abzulesenden Betrag von p Scalatheilen, welcher dieser Niveau-Aenderung von h Linien entspricht. Um demnach die Ablesungen der Scala in Verdunstungshöhe zu verwandeln hat man sie blos mit dem Factor $\frac{h}{p}$ zu multipliciren.

Die Schraube gg' dient auch dazu, die Luftblase cd in die Communicationsröhre hineinzubringen, man lässt nämlich die Kapsel B etwa um 6 bis 8 Linien unter die Horizontal-Richtung herab und giesst in A Wasser ein, bis die Oberfläche in a zu stehen kommt, dann schraubt man weiter, bis die Oberfläche nach h zurückgeht und giesst Wasser nach, so erhält man eine Blase von der Länge ah; bei fortgesetztem Nachgiessen muss man die Unterlage CD mittelst der Schraube allmählig bis zur Horizontalrichtung erhöhen, so dass zuletzt die Blase innerhalb der Scala, und ungefähr am Anfange derselben zu stehen kommt. Beim Ablesen der Scala hat man die beiden Enden der Luftblase zu notiren, das Mittel derselben ist als Stand der Blase zu betrachten.

Der Sicherheit der Beobachtung steht blos das eine practische Hinderniss im Wege, dass eine Luftblase in einer Glasröhre nur dann vollkommen leicht sich bewegt, wenn die innere Wand befeuchtet ist, und dieses Hinderniss wird leicht dadurch beseitigt, dass man mittelst der Schraube gg' vor der Ablesung die Luftblase um ihre ganze Länge vorwärts und rückwärts bewegt.

Die zweite Einrichtung hat mit dem eben beschriebenen Instrumente grosse Aehnlichkeit, und ist nur insoferne verschieden, als das zur Messung der Verdunstungshöhe benützte Verfahren auf das bei meinem früheren Verdunstungsmesser angewendete Princip zurückkommt. Die Skizze Fig. 2 gibt eine Vorstellung von den wesentlichen Bedingungen, die man bei der Construction zu berücksichtigen hat; A und B sind wieder zwei Glaskapseln und ab die graduirte Communicationsröhre, welche sie verbindet; in der offenen Kapsel

A geht die Verdunstung vor sich; die Kapsel *B* ist in eine Spitze *e* mit sehr feiner Oeffnung zusammengezogen und durch die von der Feder *gg'* angedrückte Klappe *ff'* verschlossen. Ein Winkelstück von Metall *mnop* mittelst der Holzschraube *h* (unter welcher eine Kreisfeder sich befindet) an das senkrechte Brett *CDEF* gedrückt, und drehbar um diese Schraube, dient als Träger des Glases, welches daran durch die zwei Klemmen *c* und *d* festgehalten wird.

Handelt es sich darum nach Verlauf eines bestimmten Zeitraumes die Verdunstungshöhe zu messen, so fasst man mit dem Daumen und Zeigefinger die Enden *m* und *f'* des Winkelstücks und der Klappe (welche hiedurch geöffnet wird) zusammen, und bewegt das Winkelstück langsam abwärts bis die Flüssigkeit die Oeffnung *e* erreicht, lässt dann die Klappe zufallen und bringt durch weitere Drehung in gleichem Sinne das Instrument in die senkrechte Stellung Fig. 3.

Auf solche Weise musste die ganze Flüssigkeit aus der Kapsel *A* in die Communicationsröhre zurücktreten und die Oberfläche wird einen gewissen Stand etwa bei *r* erreichen, den man auf der Scala abzulesen hat. Der Unterschied zwischen dieser Ablesung und der nach gleichem Verfahren am Anfange des Beobachtungszeitraumes vorgenommenen Ablesung stellt die Verdunstungshöhe dar.

Es ist zweckmässig in dem Brette *CDEF* zwei Stellstiften *s* und *s'* einzuschlagen, wovon der erstere die Stellung des Winkelstücks bei der Verdunstung, der letztere die Stellung beim Ablesen bestimmt.

Dem angegebenen Verfahren zufolge wird die Verdunstungshöhe in Scalatheilen erhalten, die man dann in absolutes Maass zu verwandeln hat, und hiezu ist es nöthig für die Verdunstungskapsel und die Communicationsröhre das Verhältniss der innern Weite zu kennen, was auf verschiedene Weise bestimmt werden kann. Die einfachste Einrichtung besteht darin, auf der Kapsel *A* eine feine Linien- oder Millimetertheilung mit Diamant einzureissen, und bei einem tieferen Stande des Wassers die Scala abzulesen, dann Wasser nachzugiessen und die Ablesung zu wiederholen. Bezeichnet man den Unterschied der Scalen-Ablesungen mit m, den Unterschied der correspondirenden Wasserhöhen in der Kapsel mit n, so ist $\frac{n}{m}$ der Factor, womit man die Scalen-Angaben multipliciren muss, um sie in absolutes Maass zu verwandeln.

Will man den Verdunstungsmesser zu meteorologischem Gebrauche anwenden, so ist es zweckmässig ein Kästchen von der Grösse *CDEF* am Fenster anzubringen, in welchem sich das Winkelstück befindet, während die Communicationsröhre und die Verdunstungskapsel in's Freie hinausgehen.

In der Zeichnung ist angedeutet, als wenn während des Zeitraumes, für welchen die Verdunstung gemessen werden soll, die Oeffnung *c* verschlossen bliebe; man kann sie aber ebenso gut offen lassen, wozu sich eine einfache Einrichtung an der Klappe anbringen liesse, im letztern Falle ist die Niveau-Aenderung in der Verdunstungskapsel um die Hälfte geringer.

Ganz besonders eignet sich das hier beschriebene Instrument zur Messung der Verdunstung in der Sonne, wobei es theoretisch zwar erforderlich, aber den mächtig einwirkenden Zufälligkeiten gegenüber vorläufig kaum practisch nützlich sein würde, auf die Ausdehnung des Wassers durch die Wärme Rücksicht zu nehmen.

Ueber eine doppelscheibige Influenz-Maschine von J. Staudigl.

(Hiezu Taf. VII. Fig. 7 und 8.)

Als ich mich vor einiger Zeit eingehend mit der Holtz'schen Influenzelectrisirmaschine beschäftigte, drängte sich mir die Frage auf, welche Resultate erzielt werden könnten, wenn statt der einen bei solchen Maschinen in Anwendung kommenden rotirenden Scheibe zwei angebracht würden, welche in demselben Sinne rotirend die fixe Scheibe einschliessen. Ich glaubte dadurch sowohl die Dichtigkeit als auch die Menge der Elektrizität zu vermehren, und in der That war der Erfolg meiner in dieser Richtung angestellten Versuche mehr als befriedigend. Der Gedanke, die rückwärtige Fläche der Influenzscheibe sammt ihren Papierbelegungen als Elektrizitätsquelle für eine zweite an derselben Spindel befestigte Glasscheibe zu gebrauchen, liegt der unten beschriebenen Maschine zu Grunde. Dieselbe wurde nach meiner Angabe von dem Mechaniker Hauck in Wien in vielen Exemplaren ausgeführt. Figur 7 stellt die Anordnung der Haupttheile der Maschine im Grundriss dar.

Die beiden an der Spindel *a* befestigten Scheiben sind derart gestellt, dass sie möglichst nahe an der zwischen ihnen befindlichen fixen Scheibe rotiren. *b* und *c* sind je zwei durch einen Draht mit



einander verbundene Saugkämme. Die schwarzen in der Zeichnung ersichtlich gemachten Striche der mittleren Scheibe stellen die Belegungen vor, denen gegenüber die Saugkämme angebracht sind.

Im Ganzen befinden sich an der Maschine sechs Sauger, wovon zwei zur Verhinderung des Polwechsels dienende, welche wir Nebensauger nennen wollen, nur wenige (3—4) Spitzen haben. Die Nebensauger sind mit den Saugern des negativen Conductors verbunden, wie Figur 8 zeigt, und können von den Scheiben weggedreht werden. Der in dieser Figur durch α bezeichnete Winkel soll, für die beste Wirkung, beiläufig 70^0 betragen.

In Figur 7 sind die Nebensauger der Deutlichkeit halber weggelassen. Selbstverständlich ist auf der einen, wie der andern Seite der Scheiben dieselbe Anordnung bezüglich der Hauptsauger gegen die Nebensauger getroffen; die beiden Nebensauger haben sich jedoch diametral gegenüber zu stehen. Der Conductor für positive Elektrizität hat die Form wie der einer Winter'schen Reibungs-Elektrisirmaschine ohne Ring und besteht aus einer Messingkugel, welche an der Stelle, die sie dem gegenüberstehenden Ableiter zuwendet, mit einem verschiebbaren Knöpfchen versehen ist, um bequemer experimentiren zu können.

Die Funkenlänge an den vom Mechaniker Hauck gefertigten Maschinen mit einer Scheibendimension von 12″ beträgt im günstigen Falle bei 6″. Schliesslich mag noch erwähnt werden, dass besagte Maschinen die stärksten elektrischen Ladungen zulassen, ohne dass ein Wechsel der Polarität herbeigeführt wird.[1])

Verbessertes Haarhygrometer.

Von Herrmann und Pfister.

(Hiezu Taf. VI. Fig. 4.)

Der Hauptbestandtheil dieses Hygrometers, das Haar, ist nach bekannter Vorschrift mit möglichster Sorgfalt von Fett befreit. Zugleich haben wir ein neues Verfahren in Anwendung gebracht, wonach das Haar jene unregelmässigen Bewegungen verliert, welche es für die Verwendung zu wissenschaftlichen Zwecken beinahe untauglich macht. Zufolge mehrjähriger Erfahrung erreichen wir diess auf allerdings mühsame Art dadurch, dass das Haar auf künstlichem

[1]) Der Herausgeber hat in jüngster Zeit Versuche mit einer Influenzmaschine mit 2 festen und 2 rotirenden Scheiben angestellt, worüber im nächsten Hefte berichtet werden soll.



Wege circa 20 Mal in die äusserste Trockenlage bis 0 und hernach ebenso in die Nasslage bis 100 gebracht wird. Nur durch diese Operation nehmen die Molecular-Theile des Haars diejenige Ruhelage an, welche dasselbe für genaue Bestimmungen des Feuchtigkeits-Zustandes der Luft brauchbar machen, was uns in die Lage versetzt, für den guten, regelmässigen Gang unserer Hygrometer auf längere Zeit garantiren zu können.

Das Instrument trägt zwei Scalen, und zwar:

a. Die untere gleichtheilige Scala repräsentirt die sog. Feuchtigkeits-Grade, welche man erhält, wenn man den Zwischenraum von der völligen Trockenlage (0) bis zur völligen Nasslage (100) in 100 gleiche Theile theilt.

b. Die obere verjüngte Scala gibt die relative Feuchtigkeit direct in Procenten an.

Erstere Eintheilung dient bloss zur Controle für Beobachter, welche Vergleichungen mit andern Instrumenten dieser Art vornehmen wollen.

---

v. Lamont's hydrostatisch aufgehängter Magnet.

(Hiezu Taf. VI. Fig. 5.)

Herr Professor v. Lamont hat bereits im Winter vorigen Jahres eine Aufhängungsweise der Magnetnadel hergestellt, welche den grossen Vortheil bietet, dass die Torsion dabei ganz ausser Betracht kommt. Da derselbe über seine Versuche selbst einen Bericht fürs Repertorium zugesagt hat, so begnüge ich mich hier einstweilen das Princip der Aufhängung und die Einrichtung für Magnetnadeln zu Demonstrationszwecken mitzutheilen.

An einem eiförmigen Glasgefässe *A* (Fig. 5 Taf. VI.) ist oben eine dünne Glasröhre *r* angeschmolzen, auf welche die Magnetnadel *NS* aufgesetzt ist. Das Ganze schwimmt in einem Glase *B* voll destillirten Wassers und der Magnet besitzt so eine ungemein leichte Beweglichkeit. Die Stabilität beim Schwimmen wird wie beim Aräometer durch etwas Quecksilber hergestellt, welches unten im Gefäss *A* sich befindet. Die Länge der Nadeln, wie sie in meiner Werkstätte für Vorlesungszwecke ausgeführt werden, beträgt etwa 18 bis 20 Centimeter; die Nadeln tragen in der Mitte ein Hütchen, das auf eine Stahlspitze am oberen Ende des Rohres *r* aufgesetzt wird. Man

hat also ausser der Beweglichkeit auf der Spitze noch die weit leichtere im Wasser. Um ein Anlegen des Gefässes A an die Wände des Glases B zu verhindern, ist auf letzteres ein Holzdeckel aufgesetzt, der in der Figur weggelassen wurde und in der Mitte ein stark conisches Loch trägt, so dass das Rohr r das Holz blos in einer Linie berühren kann. C.

Surrogat für das Kupfer in der Daniell'schen Kette.

Man nehme gewöhnliche Zinnfolie, polire sie und tauche sie in eine sehr verdünnte Kupferlösung in Verbindung mit einer schwachen Volta'schen Batterie. In 15 bis 18 Stunden wird sich ein fest anhaftender Ueberzug von Kupfer auf dem Zinn abgesetzt haben; die Platte kann alsdann durch Biegen in die geeignete Form gebracht und als Kupferplatte in der Batterie verwendet werden. (Bayerisches Industrie- und Gewerbe-Blatt. Januar 1870.)

Waszmuth, über ein neues Verfahren, den Reductionsfactor einer Tangentenboussole zu bestimmen.

(Wiener Acad. Anzeiger 1870. II.)

Wenn man eine Kette nach der Methode von Poggendorff compensirt, so ist bekanntlich die elektromotorische Kraft derselben $e = ir$, wobei i die Stromintensität und r den Widerstand in der Nebenschliessung bedeutet. Wird i mit einer Tangentenboussole gemessen, so ist $i = k \tan \alpha$, worin k den sogenannten Reductionsfactor des Instrumentes vorstellt. Man erhält sonach die Relation: $k = \frac{e}{r \tan \alpha}$, welche der Verfasser zur Bestimmung des Reductionsfactors benützt.

Bei der Ausführung dieses Verfahrens handelt es sich um eine Stromquelle von constanter und genau bestimmter elektromotorischen Kraft. Der Verfasser wählt zu diesem Zwecke die Daniell'sche Kette, deren elektromotorische Kraft (nach v. Waltenhofen's Bestimmungen, Pogg. Bd. 133) auf Jacobi-Siemens'sches Maass bezogen 12.04 beträgt und von Fall zu Fall nur sehr geringe Verschiedenheiten aufweiset. Zur Compensation kann ein Zinkkohlenelement dienen.

Zur Erprobung dieses Verfahrens hat der Verfasser dasselbe in drei Fällen in Anwendung gebracht und jedesmal den betreffenden

Reductionsfactor aus einer Reihe von Messungen abgeleitet, bei welchen sowohl verschiedene Daniell'sche Ketten als auch verschiedene Widerstände in der Nebenschliessung verwendet wurden. Diese Versuche, welche in der Abhandlung genau mitgetheilt sind, führen zu dem Resultate, dass das neue Verfahren bei grösserer Einfachheit und Schnelligkeit in der Ausführung doch mindestens die gleiche Genauigkeit und Sicherheit gewährt als die bisher üblichen, elektrolytischen Methoden.

Schliesslich bemerkt der Verfasser, dass dasselbe Princip eine noch allgemeinere Anwendung, nämlich zum Graduiren von Galvanometern überhaupt, gestattet.

Simony's Apparat, um die Temperaturen grösserer Seetiefen zu messen.

(Wiener Acad. Anzeiger 1870. III.)

Herr Simony zeigte in der Wiener Academie einen von ihm construirten Apparat vor, welcher den Zweck hat, die wahren Temperaturen grösserer Seetiefen mit möglichster Genauigkeit zu ermitteln, da bei den Messungen mit dem gebräuchlichen Minimumthermometer in Folge des Druckes mächtiger Wassersäulen auf die Thermometerkugel in jedem Falle eine wenn auch geringe Verlängerung der Thermometersäule und damit eine entsprechende Unrichtigkeit in der Temperatur-Verzeichnung angenommen werden muss.

Der erwähnte Apparat besteht aus einem 14 Zoll hohen, $3^1/_4$ Zoll im Durchmesser und gegen 116 Zoll an kubischem Inhalt messenden, mit einer konisch geformten Korkplatte schliessbaren Cylinder von dickem Glase, dessen solide Hülle zwei grössere, mit gut passenden Deckeln versehene Büchsen von starkem Weissblech bilden. In dem Glascylinder befindet sich ein aus vier massiven Eisenstäben und zwei dicken Korkplatten bestehendes Gerüste, dessen Axe ein in Fünftel-Grade getheiltes Quecksilberthermometer darstellt. Die Kugel des letzteren ist mit Guttaperchastoff und darüber mit einer 3 Linien dicken Schichte Klebwachs umhüllt, um das Instrument gegen die Einwirkung rascher Temperaturwechsel unempfindlich zu machen. Eine zwischen das Gerüst und den Korkstöpsel eingefügte, fein durchlöcherte Eisenplatte verhindert ein allzutiefes Eindringen des ersteren in den Cylinder bei starkem Drucke.

Nach einem $4^1/_2$stündigen Verbleiben des Apparates in der grössten Tiefe des Gmundner Sees (604 Fuss) zeigte das Thermometer des

ersteren eine Temperatur von 3·6° R. gegenüber 3·75° des Minimumthermometers, welches gleichzeitig in dieselbe Tiefe versenkt worden war.

Erwähnenswerth sind die Wirkungen des Wasserdruckes, welche bei verschiedenen Versuchen an dem Apparate sich einstellten. Nach dem ersten nur 18 Minuten dauernden Einsenken desselben an der tiefsten Stelle des Hallstätter Sees (66 Klafter) waren bereits alle drei Gefässe des ganzen, gut verschlossenen Apparates bis zum Rande mit Wasser gefüllt und das letztere erschien in dem Glascylinder von dem ausgepressten Extractivstoff der Korkplatten weingelb gefärbt. Von den vier Säulen des Gerüstes (damals nur 2 Linien dicke Messingstäbe) waren zwei durch den schief eingedrungenen Korkstöpsel ganz verbogen und zur Seite gedrückt, der letztere selbst aber so tief in den Cylinder gepresst, dass er nur mit grösster Anstrengung herausgezogen werden konnte.

Nach der früher erwähnten 4½stündigen Exposition des nachträglich verstärkten Apparates im Gmunder See liessen die von den sonst 2—2½ Linien abstehenden Eisenstäben in der Wachshülle des Thermometers hervorgebrachten Eindrücke entnehmen, dass durch den 19 Atmosphären äquivalenten Druck der 604 Fuss mächtigen Wassersäule die Korkplatten des Apparates um mindestens ein Fünftel ihres Durchmessers zusammengepresst worden waren.

Verdichtung des Wasserstoffs durch Palladium.

Graham fand, dass ein Palladiumdraht, der anfangs 609,144 Millimeter mass, durch vollständige Sättigung mit Wasserstoff sich um 9,78 Millimeter verlängerte und dabei das 936fache seines Volumens an Gas absorbirte; nach Austreibung des Wasserstoffs kam er auf 599,444 Millimeter zurück, verkürzte sich also um 9,7 Millimeter. Wurde der Versuch mit demselben Draht 4mal wiederholt, so wiederholten sich auch die Verlängerungen und Verkürzungen, wenn auch in abnehmender Grösse. Der Draht hatte schliesslich eine totale dauernde Contraction von 23,99 Millimeter oder 5,0 Proc. seiner ursprünglichen Länge erlitten.

Die Verkürzung und Verlängerung des Palladiums lässt sich durch folgenden Versuch darthun. Verbindet man mit dem negativen Pole einer kleinen aus zwei Elementen bestehenden Grove'schen Batterie einen dünnen Palladiumstreifen (118,0^{mm} lang, 28,0^{mm} breit und nur



0,1^{mm} dick), mit dem positiven Pole eine in verdünnter Schwefelsäure gegenüberstehende Platinplatte, so sieht man den Palladiumstreifen schon nach wenigen Minuten sich vom Platin abbiegen und ganz beträchtlich krümmen. Sobald die Krümmung ihr Maximum erreicht hat, tritt eine solche in entgegengesetzter Weise ein, vermöge welcher der Streifen sich anfangs gerade richtet, dann noch mehr dem Platin zubiegt und endlich mit demselben in Berührung kommt, wodurch der electrolytische Process beendigt wird. Der Grund dieser doppelten Krümmung ist der, dass sich zuerst die dem Platin zugewendete Seite der Palladiumplatte, dann die andere mit Wasserstoff sättigt.

Um die Zusammenziehung des Palladiums bei Austreibung des Wasserstoffs ebenso augenfällig zu machen, nimmt man die Platte, nachdem sie das Maximum ihrer ersten Krümmung erreicht hat, aus der Flüssigkeit, spült und trocknet sie ab und bringt sie über eine Weingeistflamme. So wie sie hinreichend heiss geworden ist, krümmt sie sich in entgegengesetztem Sinne ausserordenllich rasch und so stark, dass sie förmlich aufgerollt erscheint.

Graham hat seine Untersuchungen auch auf die Palladiumlegirungen ausgedehnt und gefunden, dass dieselben im Allgemeinen, sobald das zweite Metall nicht über die Hälfte des Gemisches hinausgeht, ebenso begierig den Wasserstoff absorbiren, dass sie sich beträchtlicher als das reine Palladium ausdehnen und nach Austreibung des Wasserstoffs durch die Hitze ihre ursprüngliche Länge ohne weitere Verkürzung wieder annehmen.

Nach Raoult besitzt auch das poröse Nickel ein beträchtliches Absorptionsvermögen für Wasserstoff; das compacte Nickel absorbirt dagegen keinen Wasserstoff.

Quincke's Darstellung von Schwingungen für physikalische Vorlesungen.

Herr Quincke hat das Princip des stroboskopischen Cylinders, der bekanntlich bereits zum Kinderspielzeuge geworden ist, benützt, um durch achtzehn Bilder die hauptsächlichsten Wellenbewegungen (Licht-, Schall- und Wasserwellen) mehreren Zuhörern zugleich zu demonstriren. Diese Bilder sind im Verlage der Springer'schen Buchhandlung in Berlin erschienen und entsprechen in der That, wie sich der Herausgeber überzeugt hat, ihrem Zwecke vollkommen. Es ist

zweckmässig, das Drehen des stroboskopischen Cylinders mittelst einer Centrifugalmaschine zu bewirken, auf welche derselbe leicht aufgesetzt werden kann.

Karlsruher permanente Ausstellung landwirthschaftlicher Lehrmittel.[1])

Die Unterzeichneten sind in der Lage, den Lesern dieses Blattes von einem im Entstehen begriffenen Unternehmen Kenntnis zu geben, für welches sie nicht nur in den nächsten Kreisen, sondern überall, wo sich ein lebhaftes Streben nach wissenschaftlichem und wirthschaftlichem Fortschritt geltend macht, lebendiges Interesse in Anspruch nehmen zu dürfen glauben.

Bei Gelegenheit der Feier des fünfzigjährigen Jubiläums des landwirthschaftlichen Vereins im Grossherzogthum Baden, im September des vorigen Jahres, ward in Karlsruhe bekanntlich eine grosse Centralausstellung von landwirthschaftlichen Gegenständen veranstaltet. Man war auf den glücklichen Gedanken gekommen, mit der Producten- und Geräthe-Ausstellung auch eine landwirthschaftliche Lehrmittel-Ausstellung zu verbinden. Dieses letztere Unternehmen gelang den in glücklicher Weise vereinigten Anstrengungen so wohl, dass sich das unbefangene Urtheil Sachkundiger dahin aussprach, dieser Theil der Central-Ausstellung verdiene die grösste und vielseitigste Beachtung, und der hier geglückte Versuch sei wohl werth, auch anderwärts öfters wiederholt zu werden. Auch der Besuch dieser Abtheilung war ein ganz unerwartet zahlreicher.

Aber dem kundigen Besucher konnte es nicht entgehen, dass eine solche Ausstellung, wenn auf die Dauer weniger Tage beschränkt, unmöglich in dem den Mühen und Kosten des Arrangements entsprechenden Verhältnisse lehrreich und anregend wirken könne, dass eine solche Ausstellung, um recht wirksam zu werden, sorgsam und eingehend müsse studirt werden können. Zugleich weckte eben dieser wie immer auch geglückte Versuch den Wunsch, ein ähnlich treues Bild, wie diese Ausstellung von dem derzeitigen Stande der wissenschaftlichen Entwickelung der landwirthshaftlichen Gewerbe entfaltet

---

[1]) Das Curatorium der Karlsruher Ausstellung stellt an uns das Ansuchen um Aufnahme des folgenden Circulairs, dem wir hiemit Folge leisten, da auch physikalische Lehrmittel vertreten werden sollen. C.

habe, fixirt und für die Folge immer aufs Neue ergänzt, mit anderen Worten an die Stelle der vorübergehenden eine im Wesentlichen in demselben Rahmen sich haltende, permanente Ausstellung landwirthschaftlicher Lehrmittel gesetzt zu sehen.

Dieser Wunsch ward auch von Seiner Königlichen Hoheit dem Grossherzog, welcher wie der Centralausstellung überhaupt, so ebenfalls der hier erwähnten Abtheilung die eingehendste Aufmerksamkeit gewidmet hatte, gehegt, und heute schon sind wir — Dank der so hohen Ortes bekundeten werkthätigen Theilnahme! — in der angenehmen Lage, die Mittheilung zu machen, dass jenem so vielseitig geäusserten Wunsche die Erfüllung gesichert ist.

Es wurden nämlich durch fürstliche Liberalität den Unterzeichneten die Mittel zur Verfügung gestellt, um mit einer

Permanenten Ausstellung landwirthschaftlicher Lehrmittel in Karlsruhe

den Versuch zu machen.

Das Unternehmen hat den Zweck, eine fortlaufende Uebersicht über die besten Lehr- und Unterrichtsmittel, welche dem Unterricht in den Grund- und Fachwissenschaften der Gewerbe des Landbaues im weitesten Sinne des Wortes, sowie der Entwickelung dieser Wissenschaften selbst dienen, zu bieten; und zugleich eine Auskunftsstelle zu sein für solche Personen, welche der Lehrmittel bedürfen oder solche fertigen.

Demnach wird die Ausstellung allmälig folgende Gruppen von Gegenständen umfassen:

I. Modelle, Zeichnungen und sonstige graphische Darstellungen für den Unterricht in der Mathematik.

II. Modelle, Zeichnungen, sonstige graphische Darstellungen, Sammlungen für Krystallographie, Mineralogie, Geognosie und Versteinerungen.

III. Präparate, Modelle, Zeichnungen, sonstige graphische Darstellungen, Sammlungen für den Unterricht in der Zoologie, Anatomie und Physiologie der landwirthschaftlichen Hausthiere, ferner in der Botanik, Pflanzen-Anatomie- und Physiologie, sowie Pflanzenkrankheiten.

IV. Modelle, Apparate, Zeichnungen, sonstige graphische Darstellungen für den Unterricht in der Physik und Meteorologie.

V. Präparate, Apparate, Modelle, Zeichnungen, sonstige graphische Darstellungen für den Unterricht in der Chemie und ihrer Anwendung in der Landwirthschaft.

VI. Modelle und Zeichnungen von landwirthschaftlichen Geräthen Werkzeugen und Maschinen von landwirthschaftlichen Bau- und Meliorations-Anlagen.

(NB. Unter „Landwirthschaft" sind hier alle Zweige des landwirthschaftlichen Gewerbes verstanden.)

VII. Zeichnungen, Modelle u. s. w. zur Veranschaulichung der rationellen Grundsätze der landwirthschaftlichen Thierzucht und der Thierheilkunde, einschliesslich der Apparate zur Wägung und Messung thierischer Producte (wie Waagen, Milch-, Wollmesser u. s. w.)

VIII. Collectionen von Erzeugnissen des landwirthschaftlichen Pflanzenbaues (im weitesten Sinne des Wortes) und der Thierzucht, soweit solche Erzeugnisse als Unterrichtsmittel dienen können.

IX. Formulare und graphische Darstellungen zur Veranschaulichung cultur- und erntestatistischer Erhebungen, sowie zur Beförderung des Unterrichts in der landwirthschaftlichen Taxations- und Buchhaltungslehre.

Die Leitung des Unternehmens ist einem Curatorium übertragen, als dessen Mitglieder die Untengenannten fungiren.

Das Amt eines Custos ist dem mitunterzeichneten Dr. Weigelt übertragen.

Die Ausstellung wird in einem von Seiner Königlichen Hoheit dem Grossherzoge hiezu gnädigst zur Verfügung gestellten Locale stattfinden.

Ueber den Tag der Eröffnung und über die Tagesstunden, während deren die Ausstellung dem Publicum geöffnet sein wird, soll demnächst nähere Bekanntmachung erfolgen.

Inzwischen geben wir uns der Hoffnung hin, dass das von allen dabei betheiligten Kräften mit Eifer und Hingebung geförderte Unternehmen der Entwickelung derjenigen Gruppe von Gewerben, welcher es zunächst zu dienen bestimmt ist, aber auch der Belebung und Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts erspriessliche Dienste leisten und dass es als ein drastisches und allgemein verständliches

Culturbild von allen Kreisen unserer Bevölkerung reger und vielseitiger Theilnahme werth gehalten werde.

Karlsruhe, im Januar 1870.

Das Curatorium der Karlsruher permanenten Ausstellung landwirthschaftlicher Lehrmittel.

Dr. A. Blankenhorn, Gutsbesitzer.
Dr. V. Funk, Generalsecretär des landw. Vereins in Baden.
Dr. A. Knop, Professor der Geologie und Mineralogie.
Dr. A. Emminghaus, Professor der Wirthschaftslehre.
Dr. F. Grashof, Hofrath und Prof. der angewandt. Mechanik.
Dr. Leonh. Rösler, a. o. Prof. der chemischen Technologie und Agriculturchemie.
Dr. F. Fuchs, Medicinalrath, Prof. der Thierheilkunde.
J. Hart, Prof. des Maschinenbaues.
Dr. R. Rühlmann, Privatdocent der Physik und Meteorologie.
Dr. A. Stengel, Prof. der Landwirthschaft.
Dr. C. Weigelt, Custos der perm. Ausstellung landw. Lehrmittel.

Circular mit Ausstellungsbedingungen.

Karlsruhe, im Januar 1870.

P. P.

Unter Bezugnahme auf vorstehende Bekanntmachung stellen wir Ihnen ergebenst anheim, die hier begründete permanente Ausstellung landwirthschaftlicher Lehrmittel gelegentlich oder regelmässig mit solchen Gegenständen zu beschicken, welche dem Zwecke derselben entsprechen.

Dabei erlauben wir uns die Bemerkung, dass wir vorerst beabsichtigen, die eingehenden Ausstellungsgegenstände folgendermassen zu classificiren:

I. Modelle, Zeichnungen und sonstige graphische Darstellungen für den Unterricht in der Mathematik.

II. Modelle, Zeichnungen, sonstige graphische Darstellungen, Sammlungen für Krystallographie, Mineralogie, Geognosie, und Versteinerungen.

III. Präparate, Modelle, Zeichnungen, sonstige graphische Darstellungen, Sammlungen für den Unterricht in der Zoologie,

Anatomie und Physiologie der landwirthschaftlichen Hausthiere, ferner in der Botanik, Pflanzen-Anatomie- und Physiologie, sowie Pflanzenkrankheiten.

IV. Modelle, Apparate, Zeichnungen, sonstige graphische Darstellungen für den Unterricht in der Physik und Meteorologie.

V. Präparate, Apparate, Modelle, Zeichnungen, sonstige graphische Darstellungen für den Unterricht in der Chemie und ihrer Anwendung in der Landwirthschaft.

VI. Modelle und Zeichnungen von landwirthschaftlichen Geräthen, Werkzeugen und Maschinen, von landwirthschaftlichen Bau- und Meliorations-Anlagen.

(NB. Unter „Landwirthschaft" sind hier alle Zweige des landwirthschaftlichen Gewerbes verstanden.)

VII. Zeichnungen, Modelle u. s. w. zur Veranschaulichung der rationellen Grundsätze der landwirthschaftlichen Thierzucht und der Thierheilkunde, einschliesslich der Apparate zur Wägung und Messung thierischer Producte (wie Waagen, Milch-, Wollmesser u. s. w).

VIII. Collectionen von Erzeugnissen des landwirthschaftlichen Pflanzenbaues (im weitesten Sinne des Wortes) und der Thierzucht, soweit solche Erzeugnisse als Unterrichtsmittel dienen können.

IX. Formulare und graphische Darstellungen zur Veranschaulichung cultur- und erntestatistischer Erhebungen, sowie zur Beförderung des Unterrichts in der landwirthschaftlichen Taxations- und Buchhaltungslehre.

Wir ersuchen Sie ergebenst, zu erwägen, ob Sie durch gefällige Einsendungen für eine dieser neuen Classen unser Unternehmen zu fördern vermögen.

Haben Sie die Güte, bei Gelegenheit Ihrer Zusendungen zu bemerken, ob Sie die fraglichen Gegenstände und eventuell zu welchen Preisen käuflich überlassen würden oder nicht.

Jedenfalls muss jeder eingesandte Ausstellungsgegenstand mit einer genauen Preis-Angabe versehen sein.

Machen Sie uns Zusendungen von, sei es verkäuflichen, sei es unverkäuflichen Gegenständen, ohne dabei zu bemerken, auf wie lange Zeit wir dieselben behalten dürfen, so wird über die Zeitdauer der Ausstellung nach dem Ermessen der Verwaltung der permanenten Lehrmittel-Ausstellung entschieden.

Alle Zusendungen geschehen für Rechnung und auf Gefahr der Absender.

Das Curatorium unterwirft jede Zusendung einer Prüfung hinsichtlich der Tauglichkeit für die Zwecke der Ausstellung. Nicht tauglich befundene Gegenstände werden den Herren Absendern vermittelst alsbaldiger Rückäusserung am hiesigen Platze zur Verfügung gestellt.

Für die unversehrte Erhaltung der zur Ausstellung zugelassenen Gegenstände, insoweit dieselben nicht ihrer Natur nach in Qualität und Quantität sich verringern, haftet, wenn die Herren Aussteller dies ausdrücklich verlangen, die Verwaltung. Ausstellungsgegenstände, welche nach Verlauf der für die Ausstellung festgesetzten Frist zurückgesandt werden, gehen auf Kosten der Verwaltung an den Aussteller zurück. Die letztere haftet während des Transportes nur für Schäden, für welche die betreffenden Transportanstalten nicht aufzukommen verpflichtet sind.

Besonders ausgezeichnet befundene Ausstellungsgegenstände, werden in den Publicationen des Curatoriums ausdrücklich erwähnt. Auch können die Herren Aussteller solcher Gegenstände die Ertheilung von Diplomen, in welchen die specifischen Vorzüge der Ausstellungsgegenstände namhaft gemacht werden, beantragen. Ueber den Antrag entscheidet das Curatorium.

Alle Correspondenzen und Sendungen, welche für die Karlsruher permanente Ausstellung landwirthschaftlicher Lehrmittel bestimmt sind, bitten wir an das unterzeichnete Curatorium, zu Handen des Custos Herrn Dr. Weigelt, zu adressiren.

Hochachtungsvoll und ergebenst

Das Curatorium der Karlsruher permanenten Ausstellung landwirthschaftlicher Lehrmittel.

Doppelte Influenz-Electrisirmaschine.

Von Ph. Carl.

(Hiezu Tafel VIII und IX.)

Die Versuche der Herren Kayser (Repertorium Bd. V. p. 395) und Staudigl (Repertorium Bd. VI. p. 116), die Wirkung der Holtz'schen Maschine durch Hinzufügen einer zweiten rotirenden Scheibe zu erhöhen, haben mich veranlasst, nach dieser Richtung hin gleichfalls Versuche anzustellen. Ich bin dabei auf eine Einrichtung gekommen, welche man nicht blos als doppelte, sondern sogar als doppelt wirkende Maschine bezeichnen kann.

Die wesentliche Abänderung, welche ich schliesslich an der von mir im Repertorium Bd. IV p. 106 beschriebenen Construction vornahm, besteht darin, dass ich nicht etwa blos zwei rotirende, sondern auch zwei feststehende Scheiben in dieselbe einsetzte. Die so entstandene Maschine ist auf Tafel VIII Fig. 1 im Aufrisse, auf Tafel IX Fig. 2 im Grundrisse dargestellt.

AA' und BB' sind die beiden feststehenden Glasscheiben mit symmetrisch einander gegenüberstehenden Papierbelegen und Spitzen; CC' und DD' sind die beiden rotirenden Scheiben. Vor diesen, den Papierbelegen an den feststehenden Scheiben gegenüber, stehen die vier Spitzenkämme S, S, S, S, welche paarweise durch die aus federnden (d. i. aufgeschnittenen) Messingrohren bestehenden Bügel E, E verbunden sind. Die so eingerichteten Saugkammpaare sind an den Messingstangen F, F befestigt, die durch die Hartgummiträger H', H' wohl isolirt hindurchgehen und vorn den festen K und den verschiebbaren Conductor K' tragen.

Die Axe HH der rotirenden Scheiben ist bei der Versuchsmaschine blos aus Holz gefertigt, welches mit Schellackfirniss dick überzogen ist und durch das die stählerne Drehungsaxe hindurchgeht; bei der definitiven Ausführung des Apparates wird auch hier, wie bei den einfachen Maschinen Hartgummi verwendet werden. Das Näm-

liche gilt auch für die Führungsklemmen M,M der feststehenden Scheiben, welche gleichfalls vorläufig blos aus Holz verfertigt wurden.

Der Durchmesser der rotirenden Glasscheiben beträgt 15 par. Zoll, die festen Scheiben haben etwa 16,5 par. Zoll im Durchmesser.

Um die Maschine zu erregen, wurde ein auf beiden Seiten mit Katzenpelz geriebener Hartgummistreifen in die Mitte zwischen die beiden feststehenden Glasscheiben AA' und BB' gehalten und wie sonst bei geschlossenen Conductoren die kleineren Scheiben mittelst des Rades R in eine den Spitzen an den Papierbelegen entgegenlaufende Drehung versetzt, bis das knisternde Geräusch ein Maximum erreicht hat. Dabei möchte ich bemerken, dass der Schnurlauf ebenso wie an meinen neueren einfachen Maschinen gespannt werden kann, indem man durch Drehen am Knopfe P das Rad R sammt seinem ganzen Ständer vor- und rückwärts schrauben kann. Ueberhaupt ist Alles an der Maschine zum Verstellen eingerichtet. So sind die hölzernen Ständer T oder vielmehr ihre horizontalen Unterlagen verstellbar, indem die Bolzen L,L durch geschlitzte Löcher im Bodenbrette hindurchgehen, an ihren unteren Enden in Schraubengewinde auslaufen und mittelst der Muttern V,V fest angezogen werden können. Sollte sich also das Holz der Ständer T etwas verziehen, so kann durch diese Einrichtung ein Schlottern oder Festklemmen der Drehungsaxe $H'H'$ beseitigt und die leichte und sichere Drehbarkeit immer wieder hergestellt werden. Die Axe selbst dreht sich in messingenen Lagern, welche durch Hartgummideckel geschlossen sind. Durch diese gehen, ebenso wie bei den Lagerdeckeln der Axe des Rades R, Löcher bis auf die Axe hinab, um diese einölen zu können, ohne die Lager öffnen zu müssen.

Um die feststehenden Scheiben den rotirenden hinreichend nahe bringen zu können, sind einmal die ganzen Ständer $T'T'$ sammt den isolirenden Glasstäben N,N ebenso verstellbar eingerichtet wie die Träger T und können durch Muttern V',V', die sich unter dem Bodenbrette befinden, festgestellt werden. Ausserdem aber sind die einzelnen Klemmen M,M selbst wieder an Querstücken Q,Q verschiebbar, um jede der Glasscheiben AA' und BB' gesondert einstellen zu können.

Die Wirkung der doppelten Maschine wurde mit einer zwanzigzölligen einfachen Maschine verglichen, welche sehr gut wirkt und mir schon bei zahlreichen Versuchen gedient hatte. Es ergab sich,

dass die Schlagweite der doppelten 15zölligen Maschine unter Anwendung des gleichen Condensators der der einfachen 20zölligen zum wenigsten vollständig gleichkam; dabei waren die Funken bei der doppelten Maschine unvergleichlich intensiver als bei dem einfachen, wenngleich beträchtlich grösseren Apparate.

Die Wirkung der doppelten Influenzmaschine tritt ganz besonders hervor, wenn man im Dunklen ohne Condensator operirt. Während die 20zöllige einfache Maschine, selbst wenn die Conductoren kaum 1 Zoll auseinander gezogen sind, blos den disrupten rothen Strahlenbündel zeigt, zieht sich bei der 15zölligen doppelten Maschine noch bei mehr als 2 Zoll Entfernung der Conductoren ein geschlossenes, bläuliches und sehr intensives Funkenband durch den Strahlenbündel hindurch:

Da die neue Maschine, wie bereits erwähnt, blos provisorisch eingerichtet ist, so glaube ich schon jetzt die Ueberzeugung aussprechen zu dürfen, dass sie bei sorgfältiger Herstellung — namentlich in Bezug auf die Isolirung — die 20zöllige einfache Maschine hinsichtlich der Wirkung weit übertreffen werde.

Wie sich im Voraus nicht anders erwarten liess, hat der Versuch im dunklen Zimmer direct bestätigt, dass die Lichterscheinungen an den beiden Scheibenpaaren symmetrisch und zwar ganz in der Weise auftreten, wie ich sie im Repertorium Bd. IV pag. 422 beschrieben habe, was auch wieder die von mir durch directe electroskopische Untersuchung gefundene Electricitätsvertheilung an der Maschine erkennen lässt. (Vergl. Bd. IV pag. 118.)

Notizen über Aneroid-Barometer.

Balfour Stewart hat im Jahre 1868 am Observatorium in Kiew Versuche mit Aneroid-Barometern angestellt, über welche er in den Proceedings der Roy. Society vom Jahre 1868 berichtet.

Die Einflüsse, welche sich bei einem Aneroid-Barometer geltend machen, sind folgende:

1) Die Zeit (Aenderung der constanten Correction mit der Zeit).

2) Die Temperatur.

3) Die Aenderungen des Druckes.

Was den Einfluss der Zeit anbelangt, so konnte B. Stewart nur das Resultat anführen, dass ein Aneroid, welches Capitän Henry Toynbee mehrere Jahre auf seinen Reisen beobachtete, im Juli 1860 eine Correction von + 0,025 engl. Zollen ($0^{mm},64$), im September 1862 + 0,012″ ($0^{mm},30$), im März 1864 + 0,020″ ($0^{mm},51$) hatte, also sich als sehr constant erwies.

Es ist dem Herausgeber nun eine Beobachtungsreihe bekannt geworden, bei welcher sich eine ungemein rasche, wenngleich ganz regelmässige Aenderung der Correction eines Aneroids ergibt. Diese Correction änderte sich nämlich zwischen dem 20. Januar und dem 8. April 1870 um nicht weniger als $11^{mm},08$ und dürfte es, um die Regelmässigkeit, womit diese Aenderung statthatte, zu übersehen, nicht ohne Interesse sein, wenn wir die Zahlen hier in extenso folgen lassen.

Tägliche Vergleiche eines Aneroid-Barometers mit einem Reise-(Heber-) Barometer.

		mm	mm	mm
Den 20. Januar 1870	11^h00^m	Bar. 718,30	Aner. 711,10	Diff. 7,20
	11 45	„ 718,29	„ 711,05	„ 7,24
„ 21. „ „	11 45	„ 719,48	„ 712,20	„ 7,28
	12 15	„ 719,48	„ 712,10	„ 7,38
„ 22. „ „	11 45	„ 720,61	„ 713,05	„ 7,56
	12 15	„ 720,36	„ 712,75	„ 7,61
	12 45	„ 720,17	„ 712,40	„ 7,77
„ 24. „ „	11 30	„ 719,38	„ 711,60	„ 7,78
	12 30	„ 719,40	„ 711,50	„ 7,90

Datum	Zeit		Bar. mm		Aner. mm		Diff. mm
Den 25. Januar 1870	11h15m	Bar.	719,38	Aner.	711,40	Diff.	7,98
	12 15	"	719,55	"	711,40	"	8,15
" 26. " "	12 15	"	721,67	"	713,20	"	8,47
	12 45	"	721,25	"	712,80	"	8,45
" 27 " "	11 15	"	718,30	"	710,10	"	8,20
	11 45	"	718,30	"	710,00	"	8,30
	12 30	"	718,30	"	709,95	"	8,35
" 28. " "	10 30	"	721,15	"	712,80	"	8,35
	11 30	"	721,41	"	713,05	"	8,36
" 29. " "	10 30	"	722,35	"	713,90	"	8,45
	11 30	"	722,38	"	713,80	"	8,58
	12 30	"	722,12	"	713,30	"	8,82
" 31. " "	11 30	"	722,26	"	713,30	"	8,96
	12 30	"	722,09	"	713,00	"	9,09
" 1. Februar "	11 30	"	725,28	"	716,00	"	9,28
	12 30	"	725,13	"	715,90	"	9,23
" 3. " "	10 30	"	718.52	"	709,50	"	9,02
	12 00	"	718,60	"	709,30	"	9,30
	12 45	"	718,61	"	709,30	"	9,31
" 4. " "	12 00	"	717,74	"	708,60	"	5,14
	12 30	"	717,77	"	708,40	"	9,37
	1 00	"	717,65	"	708,20	"	9,45
" 5. " "	11 30	"	716,54	"	707,15	"	9,39
	12 00	"	716,49	"	707,10	"	9,39
	12 30	"	716,45	"	707,05	"	9,40
" 7. " "	11 30	"	719,10	"	709,30	"	9,80
	12 00	"	719,01	"	709,20	"	9,81
	12 45	"	718,22	"	708,50	"	9,72
" 8. " "	11 30	"	714,00	"	704,15	"	9,85
	12 00	"	713,86	"	704,00	"	9,86
	1 00	"	713,70	"	703,80	"	9,90
" 9. " "	11 00	"	710,44	"	700,50	"	9,94
	11 30	"	710,34	"	700,50	"	9,84
	12 00	"	710,31	"	700,40	"	9,91
	12 30	"	710,31	"	700,35	"	9,96
" 10. " "	11 00	"	711,30	"	701,30	"	10,00
	12 00	"	711,21	"	701,20	"	10,01
	12 45	"	711,51	"	701,50	"	10,01
" 11. " "	10 30	"	714,82	"	704,70	"	10,12
	11 00	"	715,13	"	704,90	"	10,23
	11 30	"	715,33	"	705,00	"	10,33
	12 30	"	715,42	"	705,05	"	10,37
" 12. " "	10 45	"	715,68	"	705,50	"	10,18
	11 15	"	715,48	"	705,20	"	10,28
	11 45	"	715,32	"	705,00	"	10,32
	1 00	"	715,37	"	704,90	"	10,47
" 14. "	10 45	"	711,34	"	700,70	"	10,64
	11 15	"	711,39	"	700,70	"	10,69
	11 45	"	711,07	"	700,30	"	10,77
	12 45	"	710,87	"	700,10	"	10,77
" 15. " "	10 45	"	714,84	"	704,00	"	10,84
	11 15	"	714,96	"	704,10	"	10,86
	12 45	"	715,09	"	704,10	"	10,99
" 16. " "	10 30	"	715,07	"	704,00	"	11,07
	11 15	"	715,04	"	704,00	"	11,04
	12 45	"	715,01	"	703,90	"	11,11
" 17. " "	11 30	"	715,00	"	704,00	"	11,00
	12 00	"	715,03	"	703,90	"	11,13
	12 30	"	715,07	"	703,90	"	11,17
" 18. " "	11 00	"	712,37	"	701,10	"	11,27
	12 00	"	712,47	"	701,10	"	11,37

								mm		mm		mm
Den	19.	Februar	1870	10h	30m	Bar.		711,24	Aner.	699,80	Diff.	11,44
				11	30	„		711,17	„	699,70	„	11,47
				12	30	„		711,07	„	699,60	„	11,47
„	21.	„	„	10	30	„		707,12	„	695,30	„	11,82
				11	00	„		706,99	„	695,20	„	11,79
„	22.	„	„	10	30	„		702,86	„	690,90	„	11,96
				11	00	„		703,28	„	691,40	„	11,88
				11	30	„		703,36	„	691,40	„	11,96
				12	00	„		703,61	„	691,60	„	12,01
				12	30	„		704,29	„	692,20	„	12,09
„	23.	„	„	10	30	„		713,49	„	701,30	„	12,19
				12	30	„		713,22	„	700,80	„	12,42
„	24.	„	„	11	00	„		709,41	„	697,20	„	12,21
				11	30	„		709,32	„	697,00	„	12,32
				12	30	„		708,77	„	696,40	„	12,37
				1	15	„		708,49	„	696,10	„	12,39
„	25.	„	„	10	30	„		710,69	„	698,40	„	12,29
				11	30	„		711,12	„	698,80	„	12,32
				12	30	„		711,23	„	698,80	„	12,43
„	26.	„	„	10	45	„		709,49	„	697,10	„	12,39
				11	15	„		709,54	„	697,10	„	12,44
				11	45	„		709,62	„	697,15	„	12,47
				12	45	„		709,56	„	697,00	„	12,56
„	2.	März	„	11	00	„		718,36	„	705,10	„	13,26
				12	00	„		718,20	„	704,90	„	13,30
				12	30	„		717,86	„	704,50	„	13,36
„	3.	„	„	10	00	„		712,17	„	699,10	„	13,07
				11	00	„		711,98	„	698,90	„	13,08
				12	00	„		711,73	„	698,60	„	13,13
				12	30	„		711,77	„	698,40	„	13,37
„	4.	„	„	10	00	„		710,60	„	697,40	„	13,20
				11	00	„		710,44	„	697,10	„	13,34
				12	00	„		710,60	„	697,20	„	13,40
				12	30	„		710,50	„	697,00	„	13,50
„	5.	„	„	10	30	„		711,74	„	698,30	„	13,44
				12	00	„		711,91	„	698,50	„	13,41
				12	30	„		711,92	„	698,40	„	13,52
„	7.	„	„	10	30	„		715,58	„	701,90	„	13,68
				11	30	„		715,61	„	701,90	„	13,71
				12	30	„		715,60	„	701,60	„	14,00
„	8.	„	„	10	30	„		716,19	„	702,10	„	14,09
				11	30	„		716,07	„	702,00	„	14,07
				12	30	„		715,91	„	701,80	„	14,11
„	9.	„	„	10	30	„		714,42	„	700,40	„	14,02
				11	30	„		714,29	„	700,20	„	14,09
				12	30	„		714,18	„	700,00	„	14,18
„	10.	„	„	10	00	„		711,72	„	697,75	„	13,97
				11	00	„		711,75	„	697,65	„	14,10
				12	00	„		711,83	„	697,52	„	14,31
				12	30	„		711,64	„	697,50	„	14,14
				1	00	„		711,64	„	697,40	„	14,24
„	11.	„	„	12	00	„		705,50	„	691,30	„	14,20
				1	00	„		705,21	„	690,90	„	14,31
„	12.	„	„	10	30	„		706,54	„	692,30	„	14,24
				11	30	„		706,40	„	692,10	„	14,30
				12	30	„		706,35	„	691,90	„	14,45
„	14.	„	„	10	45	„		715,31	„	700,60	„	14,71
				11	45	„		715,44	„	700,80	„	14,64
				12	45	„		715,88	„	701,10	„	14,78
„	15.	„	„	11	15	„		722,05	„	706,70	„	15,35
				12	15	„		722,08	„	706,80	„	15,28

				Zeit		mm		mm		mm
Den	15.	März	1870	12h 45m	Bar.	721,92	Aner.	706,60	Diff.	15,32
„	16.	„	„	10 15	„	720,25	„	704,90	„	15,35
				11 15	„	720,05	„	704,70	„	15,35
				12 45	„	719,68	„	704,00	„	15,68
„	17.	„	„	10 30	„	712,69	„	697,60	„	15,09
				11 45	„	712,32	„	697,00	„	15,32
				12 15	„	712,27	„	696,90	„	15,37
„	18.	„	„	10 30	„	713,66	„	698,20	„	15,46
				11 00	„	713,81	„	698,30	„	15,51
				12 00	„	713,84	„	698,50	„	15,34
				1 00	„	713,86	„	698,70	„	15,16
„	21.	„	„	10 30	„	721,51	„	705,40	„	16,11
				11 30	„	721,34	„	705,20	„	16,14
				12 30	„	721,07	„	704,90	„	16,17
„	22.	„	„	10 45	„	716,30	„	700,50	„	15,80
				12 00	„	715,97	„	699,90	„	16,07
				12 30	„	715,51	„	699,50	„	16,01
				12 45	„	715,35	„	699,30	„	16,05
„	23.	„	„	10 30	„	709,26	„	693,80	„	15,46
				11 30	„	709,99	„	694,30	„	15,69
				12 00	„	710,42	„	694,60	„	15,82
				12 30	„	710,47	„	694,40	„	16,07
„	24.	„	„	10 30	„	712,29	„	696,60	„	15,69
				11 30	„	712,38	„	696,60	„	15,78
				12 30	„	712,29	„	696,30	„	15,99
„	26.	„	„	10 30	„	710,32	„	694,40	„	15,92
				11 30	„	710,30	„	694,20	„	16,10
				12 30	„	710,28	„	694,00	„	16,28
„	28.	„	„	10 45	„	719,62	„	702,90	„	16,72
				12 00	„	719,74	„	702,80	„	16,94
				12 45	„	719,84	„	702,70	„	17,14
„	29.	„	„	10 30	„	717,38	„	700,30	„	17,08
				11 30	„	716,81	„	700,00	„	16,81
				12 30	„	716,55	„	699,70	„	16,85
„	30.	„	„	10 30	„	714,62	„	698,00	„	16,62
				11 30	„	714,58	„	697,80	„	16,78
				12 30	„	714,61	„	697,70	„	16,91
„	31.	„	„	10 45	„	715,63	„	698,90	„	16,73
				11 15	„	715,69	„	698,90	„	16,79
				11 45	„	715,73	„	698,90	„	16,83
				12 15	„	715,68	„	698,80	„	16,88
				12 45	„	715,71	„	698,70	„	17,01
„	1.	April	„	10 30	„	717,77	„	700,70	„	17,07
				11 30	„	717,64	„	700,50	„	17,14
				12 30	„	717,75	„	700,60	„	17,15
„	2.	„	„	10 15	„	720,64	„	703,20	„	17,44
				11 00	„	720,66	„	703,10	„	17,56
				12 00	„	720,78	„	703,10	„	17,68
„	4.	„	„	10 30	„	726,71	„	708,80	„	17,91
				11 30	„	726,97	„	709,10	„	17,87
				12 45	„	727,13	„	709,20	„	17,93
„	5.	„	„	10 15	„	727,00	„	709,20	„	17,80
				10 45	„	727,09	„	709,10	„	17,99
				11 30	„	727,06	„	708,90	„	18,16
				12 30	„	726,71	„	708,40	„	18,31
				1 00	„	726,53	„	708,10	„	18,43
„	6.	„	„	10 00	„	723,72	„	705,70	„	18,02
				10 30	„	723,59	„	705,40	„	18,19
				11 00	„	723,44	„	705,10	„	18,34
				11 30	„	723,33	„	705,00	„	18,33
				12 00	„	723,22	„	704,90	„	18,32

			mm		mm		mm
Den 6. April 1870	12^h30^m	Bar.	723,13	Aner.	704,70	Diff.	18,43
	1 00	„	722,97	„	704,40	„	18,57
„ 7. „ „	10 00	„	718,90	„	700,60	„	18,30
	10 30	„	718,82	„	700,50	„	18,32
	11 00	„	718,55	„	700,20	„	18,35
	11 30	„	718,32	„	699,90	„	18,42
	12 00	„	718,06	„	699,60	„	18,46
	12 30	„	717,72	„	699,50	„	18,22
„ 8. „ „	10 30	„	715,12	„	697,00	„	18,12
	11 00	„	714.94	„	696,80	„	18,14
	11 30	„	714,74	„	696,40	„	18,34
	12 15	„	714,49	„	696,00	„	18,49
	12 45	„	714,08	„	695,80	„	18,28

Zu diesen Zahlen ist zu bemerken, dass der Einfluss der Temperatur als vollständig compensirt betrachtet werden kann; auch B. Stewart findet die Resultate bei 6 untersuchten Aneroiden in dieser Beziehung im Ganzen sehr befriedigend.

Um den Einfluss der Aenderungen des Druckes zu untersuchen, hat B. Stewart 10 Aneroide der Reihe nach unter den Recipienten der Luftpumpe gebracht und alle 10 Minuten Luft ausgepumpt, so dass der Druck um 1 Zoll sich veränderte. Bei dem geringsten Drucke von 19 Zollen (533 Mm.) wurde das Aneroid $1^1/_2$ Stunden unter dem Recipienten gelassen. B. Stewart folgert aus den im Detail angegebenen Resultaten, dass ein gut construirtes Aneroid grösserer Gattung bis zu 24 Zoll (610 Mm.) herab sich nicht viel von der Wahrheit entferne, dass es aber unter dieser Grenze beträchtlich tiefer zeige als ein Quecksilber-Barometer, dass Aneroide kleinerer Art (2 Zoll im Durchmesser) weniger Vertrauen verdienen als grössere, und wahrscheinlich unter 26 Zoll (660 Mm.) keine verlässlichen Angaben mehr liefern. Die Vergleichung der Correctionen vor und nach dem tiefsten Stande des Druckes zeigt ziemlich bedeutende Differenzen; bei 29 Zoll standen die Aneroide im Durchschnitte nach der grössten Luftverdünnung um 5,18 Mm. tiefer als zuvor, bei 28 Zoll um 5,92 Mm. u. s. f. Schliesst man daraus auf die Wirkungen, wie sie der Analogie nach bei Besteigungen grösserer Höhen vorkommen dürften, so sind die Resultate keineswegs sehr befriedigender Natur. Die Ablesungen beim Herabsteigen werden durchwegs zu klein, die berechneten Höhen also zu gross ausfallen, wenn das Aneroid beim Aufsteigen als richtig angenommen wird.

Ueber ein neues Verfahren, den Reductionsfactor einer Tangentenboussole zu bestimmen.

Von **Anton Waszmuth**,

Assistenten für Physik am deutschen Polytechnikum in Prag.

(Vom Herrn Verfasser freundlichst mitgetheilt.)

Mit dem Namen „Reductionsfactor einer Tangentenboussole" bezeichnet man bekanntlich jene Grösse, mit der die Tangenten der Ablenkungswinkel zu multipliciren sind, um die Stromintensitäten, nach absolutem Maasse gemessen, zu erhalten. Dieser Factor k hängt blos von den Dimensionen des Apparates und der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus ab und es ist z. B. für eine Weber'sche Tangentenboussole vom Radius $R, k = \frac{RH}{2\pi}$ und ebenso für eine nach Helmholtz und Gaugain gleich $\left(\frac{5}{4}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{RH}{2\pi} = 0{,}2224 \times HR$, wenn H die horizontale Componente der magnetischen Erdkraft bedeutet; oder aber unter Voraussetzung der chemischen Stromeinheit, welche künftighin durchwegs zu Grunde gelegt sein soll, gleich obigem Werthe von k multiplicirt mit 1,05.

So einfach demnach der Zusammenhang zwischen Reductionsfactor und den vorhergehenden Grössen ist, so bietet doch die Berechnung nach diesen Formeln meistens viele Schwierigkeiten, da einerseits die Componente H für den Beachtungsort oft nicht genau genug bestimmt ist und anderseits die Dimensionen des Apparates sich selten mit der nöthigen Sicherheit ermitteln lassen. Man ist daher ausser Stande, diese Constante für ein gegebenes Instrument theoretisch zu bestimmen, sondern auf den Weg des Versuches hingewiesen.

Dabei hat man bis jetzt ausschliesslich electrolytische Bestimmungen in Anwendung gebracht, sei es in der Art, dass die in einem Voltameter binnen einer bestimmten Zeit entwickelte Knallgasmenge

mit Beobachtung der nöthigen Vorsichten und Reductionen gemessen und mit der Tangente des gleichzeitig am untersuchten Instrumente beobachteten Ablenkungswinkels verglichen wurde, oder aber in der Art, dass man ein Metallsalz der Electrolyse unterwarf, die an der Kathode ausgefällte Menge des betreffenden Metalls durch Wägung bestimmte und daraus die äquivalente Knallgasmenge berechnete, um dieselbe in der vorhin bezeichneten Weise mit der gleichzeitig beobachteten Ablenkungstangente zu vergleichen.

Dem ersten Verfahren ist, abgesehen von den der Messung und Reduction des Gasvolumens anhaftenden Fehlerquellen, noch der Umstand hinderlich, dass sich ein beträchtlicher Gasverlust durch Absorption und, wie man auch nachgewiesen haben will, durch theilweise Wiedervereinigung der getrennten Gase nicht vermeiden lässt. Das zweite Verfahren[1]) ist zwar von den angeführten Uebelständen frei, setzt jedoch die Ausführung genauer Wägungen voraus. Berücksichtigt man endlich, dass beide Methoden überdies noch genaue Zeitbestimmungen erheischen, so wird man zugestehen müssen, dass solche Bestimmungen ziemlich umständlich sind und den Besitz von experimentellen Hilfsmitteln voraussetzen, die nicht immer zur Verfügung stehen.

Diese Erwägungen haben mich veranlasst, versuchsweise einen andern Weg zur experimentellen Ermittlung des Reductionsfactors einzuschlagen, welcher jedenfalls viel rascher und einfacher und, wie ich glaube nachweisen zu können, mit nicht geringerer Sicherheit und Genauigkeit zum Ziele führt.

Den Anhaltspunct dazu boten mir die von Prof. v. Waltenhofen in seiner Abhandlung über die electromotorische Kraft der Daniell'schen Kette nach absolutem Maasse (Pogg. 133. Bd.) mit-

1) Bei der Untersuchung der Tangentenboussole, mit welcher Prof. v. Waltenhofen die in dieser Abhandlung zu Grunde gelegten Messungen der electromotorischen Kraft der Daniell'schen Kette ausführte, hat derselbe die electrolytische Fällung des Kupfers vorgezogen und zu diesem Zwecke einen dem Horsford'schen Apparat ähnlichen Zersetzungsapparat mit Glaswanne construirt, bei welchem die Kupferplatten eine Berührungsfläche von mindestens je 60 □ Centimeter der Flüssigkeit darboten, indem auf die Vortheile grosser Platten zur Erzielung eines constanten Stromes Seite 476 der betreffenden Abhandlung (Pogg. Bd. 133) hingewiesen wird. — Bezüglich des hiebei in Betracht kommenden electrochemischen Aequivalentes des Wassers mag erwähnt werden, dass die von Wiedemann, Galvanismus, Bd. II, pag. 917 angeführten Bestimmungen dieser Grösse um Differenzen bis zum Betrage von 2 % abweichen.

getheilten zahlreichen Bestimmungen dieser Grösse, welche sämmtlich nach der Poggendorff'schen Compensationsmethode und zwar in der Art ausgeführt wurden, dass der Einfluss der Polarisation vollständig ausgeschlossen war. Die electromotorische Kraft der genannten Kette wurde nämlich jedesmal aus Stromstärke und Widerstand in der Nebenschliessung abgeleitet[1]) und die gefundenen Zahlen zeigen eine solche Uebereinstimmung, dass der von den einzelnen Versuchsresultaten sehr wenig abweichende Mittelwerth 12,04 auf die Jacobi-Siemens'schen Maasseinheiten bezogen als eine mit grosser Sicherheit bestimmte physikalische Constante betrachtet werden muss, welche mit Rücksicht auf die chemische Anordnung der Daniell'schen Kette überdies jedenfalls nur sehr geringen Variationen unterliegen kann.

Diese Grösse gibt daher ein unter allen Verhältnissen mit den einfachsten Mitteln und doch mit grosser Genauigkeit reproducirbares Maass an die Hand, aus welchem sofort der Reductionsfactor einer zu untersuchenden Tangentenboussole ohne weiteres berechnet werden kann, wenn dieselbe bei der Compensation einer Daniell'schen Kette als Galvanometer in der Nebenschliessung von bekanntem Widerstande gedient hat. Bezeichnot man nämlich, auf die vorgenannten Einheiten bezogen, Stromstärke und Widerstand in dieser Nebenschliessung, beziehungsweise mit i und r, ferner den an der Tangentenboussole bei erreichter Compensation der Daniell'schen Kette (durch eine beliebige andere von entsprechender Stärke) abgelesenen Ablenkungswinkel mit α und den gesuchten Reductionsfactor bezüglich der Jacobi'schen Stromeinheit mit k, so hat man wegen $i = k$ tang α und $12,04 = ir$[2]) die Relation:

$$k = \frac{12,04}{r \tan\alpha}.$$

Ich habe eine Reihe solcher Versuche ausgeführt, die ich nun näher erörtern will. Als Ladungsflüssigkeit diente bei der Daniell'schen Kette eine concentrirte Kupfervitriollösung, deren Concentration

1) Es mag hier erinnert werden, dass die zweite Form der Poggendorff'schen Methode, welche in der Vergleichung der Widerstände in der Leitung der compensirenden Kette und der Nebenschliessung besteht, nur relative Messungen gestattet und überdies, wie Prof. v. Waltenhofen in seiner Abhandlung über die Polarisation constanter Ketten (Sitzungsb. d. Wiener Akad. 49. Bd.) unzweifelhaft nachgewiesen hat, von dem Einfluss der Polarisation nicht unabhängig ist.

2) Es ist nämlich die electromotorische Kraft der compensirten Kette jedesmal gleich dem Producte von Stromstärke und Widerstand der Nebenschliessung.



durch hineingelegte Kupfervitriolkrystalle unterhalten wurde; das Zink war sorgfältig amalgamirt und stand in mit dem fünfzehnfachen Volum Wasser verdünnter englischer Schwefelsäure. Bei den Versuchen Nr. II bis VII wurde das von Poggendorff angegebene Verfahren beobachtet, das Daniell'sche Element jedesmal nach erfolgter Compensation auseinander zu nehmen, die Metallplatten von den anhaftenden Gasblasen zu reinigen, neu zusammenzustellen und abermals zu compensiren. Als compensirende Kette wurde ein constantes Kohlenzinkelement verwendet.

Zur Untersuchung gelangte zuerst eine Gaugain'sche Tangentenboussole mit massivem Messingring nebst vier Drahthkreisen, mit der ich folgende vier Reihen von Versuchen, bei denen jedesmal ein anderes Daniell'sches Element zur Compensation genommen wurde, ausführte. Der Strom ging dabei durch den messingenen Reif.

Versuchsreihe	r	α	$\log r \tan \alpha$	k	Mittel	Grösste Abweichung vom Mittel
Nr. I	1,025 2,025 3,025 4,025	17°.0 8.7 5.8 4.3	0,49606—1 0,49118—1 0,48752—1 0,48093—1	34,82 38,85 39,18 39,78	39,05	1,8 %
Nr. II	1,025 2,025 3,025 4,025	17.0 8.75 5.8 4.35	0,49606—1 0,49371—1 0,48752—1 0,48597—1	38,42 38,63 39,18 39,32	38,88	1,18%
Nr. III	1,025 2,025 3,025 4,025	17.15 8.75 5.75 4.45	0,50011—1 0,49371—1 0,48374—1 0,49588—1	38,06 38,63 39,53 38,44	38,66	2,2 %
Nr. IV	1,025 2,025 3,025 4,025	17.15 8.8 5.85 4.55	0,50011—1 0,49622—1 0,49128—1 0,50557—1	38,06 38,41 38,85 37,59	38,22	1,6 %

Hieraus ergibt sich, wenn man die Versuchsreihe Nr. I, bei der die Metallplatten während der Compensation nicht gereinigt wurden, ausser Acht lässt, als Mittelwerth für den Reductionsfactor dieser Boussole $k = 38,59$, dessen Abweichung vom Mittel der Versuchsreihen II, III und IV nicht einmal 1% erreicht und dessen grösste Abweichung von den einzelnen Beobachtungsresultaten 2,6% beträgt. Electrolytische Bestimmungen mit (concentrirter) Kupfervitriollösung

zwischen Kupferplatten ergaben für diesen Reductionsfactor einen etwas höheren Werth. (Sehr nahe 40.)

Eine Berechnung dieses Factors konnte hier leider nicht durchgeführt werden, da die Dimensionen des Messingreifens nicht auf den Werth des bei der Rechnung zu Grunde zu legenden Radius schliessen liessen; die für denselben gefundenen Grenzwerthe zeigen indess eine befriedigende Uebereinstimmung.

Um aber auch eine derartige, genauere Vergleichung anstellen zu können, wurde eine Versuchsreihe Nr. V mit derselben Tangentenboussole in der Art ausgeführt, dass der Strom nicht durch den Messingreif, sondern durch einen von den vier an demselben festliegend angebrachten, isolirten Kupferdräthen ging. Der Radius dieses Kupferringes fand sich ziemlich genau gleich 88 Mm. und die Entfernung seines Mittelpunctes vom Drehungspuncte der Nadel gleich 45 Mm., während die am Aufstellungsorte direct gemessene, erdmagnetische Horizontal-Intensität 1,657 war. Berechnet man mit diesen Grössen den Reductionsfactor, so findet man denselben gleich 34,52, welcher Werth mit den aus meinen Versuchen erhaltenen 34,61 eine beinahe vollständige Uebereinstimmung gibt, indem die Abweichung davon nur $^1/_4$ % beträgt, wie aus der nachstehend angeführten Tabelle hervorgeht

Versuchsreihe	r	α	$\log r \tan \alpha$	k	Mittel	Grösste Abweichung vom Mittel
Nr. V	1,025 2,025 3,025 4,025	18°.55 9.75 6.55 5.0	0,53650—1 0,54153—1 0,54075—1 0,54672—1	35,01 34,60 34,66 34,19	34,61	1,2 %

Zeigen die Messungen Nr. I bis IV, dass die einzelnen Bestimmungen mit verschiedenen Daniell'schen Ketten unter sich sehr gut übereinstimmende Resultate ergeben, so erhellt nicht minder aus dem Versuche Nr. V das genaue Zusammentreffen des berechneten mit dem nach meinem Verfahren gefundenen Werthe.

Dasselbe zeigte sich auch bei den Versuchen Nr. VI und VII, die ich mit einer zwölf Drathkreise enthaltenden Gaugain'schen Boussole durchführte:

Versuchsreihe	r	α	$\log r \tan g \alpha$	k	Mittel	Grösste Abweichung vom Mittel
Nr. VI	1,065 2,065 3,065 4,065	69.5 53.88 42.55 34.67	0,45461 0,45100 [illegible] 0,44890	4,213 4,248 4,265 4,269	4,25	0,9 %
Nr. VII	1,069 2,069 3,069 4,069	69.5 53.55 42.25 34.5	0,45624 0,44734 0,44525 0,44662	4,211 4,298 4,319 4,305	4,28	1,6 %

Als Mittelwerth aus diesen Bestimmungen ergibt sich hieraus für den Reductionsfactor die Grösse 4,26, welcher Werth von den einzelnen Beobachtungen höchstens um 1,4 % abweicht.

Für dasselbe Instrument wurde der Reductionsfactor auch auf verschiedenen anderen Wegen ermittelt, wobei sich ein nahezu gleicher Mittelwerth 4,19 ergab, während jedoch die einzelnen Bestimmungen unter sich weniger genau als bei meinen Versuchen übereinstimmten.

Bedenkt man nun noch, dass dieses Verfahren Apparate voraussetzt, die in keinem physikalischen Laboratorium fehlen (einige bekannte Widerstände, ein Rheostat, der nicht einmal graduirt zu sein braucht, zwei Ketten und ein gewöhnlicher Multiplicator) und dass man mehrere Versuche binnen kurzer Zeit ausführen kann, so darf wohl mit Recht gesagt werden, dass dieses Verfahren rascher und einfacher als die gewöhnlichen Methoden zum Ziele führt und auch mindestens die gleiche Genauigkeit wie jene gewährt.

Ebenso einleuchtend ist es, dass sich dieses Verfahren mit Vortheil zum Graduiren anderer Galvanometer verwenden lässt und zwar besonders dort, wo das von Poggendorff angegebene Verfahren vermöge der Construction des betreffenden Instrumentes nicht ausführbar ist. Ueber die Modification, die dann das Verfahren erleidet, werde ich indess ein anderes Mal berichten.

Schliesslich kann ich nicht umhin, Herrn Prof. von Waltenhofen, in dessen Laboratorium ich die Versuche ausführte, für die Ueberlassung der Instrumente so wie für die gütige Unterstützung meiner Bestrebungen meinen wärmsten Dank auszusprechen.

Ueber den Durchgang der strahlenden Wärme durch Steinsalz und Sylvin.

Von Dr. Hermann Knoblauch,
Professor an der Universität Halle.

(Vom Herrn Verfasser freundlichst mitgetheilt.)

Es ist bekannt, dass von Melloni die Entdeckung gemacht worden ist, dass reines klares Steinsalz jeder Art von Wärmestrahlen den Durchlass in gleichem Verhältniss gestatte, und dass er nicht allein in langen Reihen vielseitigster mustergültiger Versuche diese Thatsache erwiesen, sondern auch in eingehender Weise das richtige Verfahren denjenigen bezeichnet hat, welchen es bei ihrer Art zu experimentiren nicht gelungen war, diese Erscheinung wahrzunehmen.

Als nichts desto weniger immer auf's Neue Zweifel an der allgemeinen Gültigkeit jenes Satzes auftauchten, denen ich selbst mich glaubte anschliessen zu müssen, ist von mir die ersinnlichste Sorgfalt darauf verwandt worden, über den wahren Vorgang in's Klare zu kommen.[1])

Die Verschiedenheit der dem Steinsalz zur Durchstrahlung dargebotenen Wärme erstreckte sich von den dunklen Strahlen einer Quelle von etwa 100° C., welche nur eine einzige Wärmeart aussendet[2]), bis zu den, in der Glühhitze zahllos mannigfaltigen Strahlen der Sonne.[3]) Einzelne, von einer complicirten Wärmequelle ausgehende, Strahlengruppen wurden durch Zurückwerfung von ver-

---

1) Ueber den Durchgang der strahlenden Wärme durch polirtes, mattes und berusstes Steinsalz, und über die Diffusion der Wärmestrahlen; in welcher Abhandlung auch die betreffende Literatur vollständig mitgetheilt ist; Pogg. Ann. 1863, Bd. CXX, S. 177 bis 286.

2) Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 189 bis 192.

3) Ebendaselbst, S. 189 bis 192.

schiedenartigen diffus reflectirenden Flächen[1]) oder mittelst Durchstrahlung durch ungleichartige diathermane Platten[2]) oder durch Brechung[3]) von einander geschieden.

Immer zeigten sie alle eine verhältnissmässig gleich gute Durchstrahlung durch das Steinsalz.

Die weitere Prüfung wies nach, wie die, durch die Masse des Steinsalzes hindurchgestrahlte Wärme noch ganz so beschaffen sei, wie vor dem Eintritt in dieselbe[4]), während bei jeder andern bis dahin untersuchten Substanz weder die Durchstrahlung eine gleichmässige, noch die Zusammensetzung der Wärmestrahlen nach dem Durchgange durch dieselbe eine ungeänderte war.

Endlich wurde auch eine Anzahl neuer Beispiele vorgeführt, bei denen unter Umständen eine ungleiche Durchstrahlung verschiedener Wärme durch Steinsalz auftritt.

Das Gesammtergebniss war — meiner eigenen ursprünglichen Ansicht entgegen — dass der Melloni'sche Satz in seiner ganzen Ausdehnung sich an der Erfahrung bewährte[5]).

Die allseitige Betrachtung der betreffenden Vorgänge aber hat keinerlei Unklarheit in irgend einem Falle zurückgelassen, wie insonderheit auch die Anomalien, auf welche andere Beobachter sich berufen, aus der Berücksichtigung fremder Bestandtheile oder eigenthümlicher Beschaffenheit der Oberfläche des Steinsalzes oder ungeeigneter Strahlenrichtung sich verstehen lassen.[6])

Weder gegen die damals angestellten Versuche noch gegen die daraus gezogenen Schlüsse sind bisher von irgend welcher Seite Einwendungen erhoben worden, ja Hr. Magnus, welcher sich speciell mit derartigen Untersuchungen beschäftigte, hat denselben sogar neue Belege hinzugefügt, aus denen auch er schloss, dass das Steinsalz die Wärme der verschiedenen Quellen in gleichem Maasse hindurchlasse.[7])

Um so auffallender ist es, dass derselbe Physiker ein Jahr später

1) Pogg. Ann., Bd. CXX, S. 180 bis 186.
2) Ebendaselbst, S. 186 bis 189.
3) Ebendaselbst, S. 192 bis 195.
4) Ebendaselbst, S. 206, 207, 276, 277.
5) Ebendaselbst, S. 191, 192, 283.
6) Ebendaselbst, S. 184 bis 186, 189, 190, 238 bis 252, 268 bis 283.
7) Monatsbericht der Berl. Akademie 14. Mai 1868, S. 308, 309. Pogg Annal. Bd. CXXXIV, S. 303, 304.

an der nämlichen Stelle versichert, Melloni und ich hätten die gleiche Durchstrahlung verschiedenartiger Wärme durch Steinsalz mit Unrecht behauptet[1]); ja dass er, so ausgedehnten und mit solcher Peinlichkeit angestellten, erörterten und beschriebenen Versuchen gegenüber, jene öffentliche Versicherung vor der Berliner Academie nicht einmal durch die Mittheilung seiner Beobachtungen und Messungen und die nähere Beschreibung seiner Untersuchungen begründet, einen solchen Nachweis auch nach mehr als vier Monaten bis jetzt nicht geliefert hat.[2]) Hr. Magnus sagt in seiner kurzen Notiz: nur „das Steinsalz absorbirt die vom Steinsalz ausgestrahlte Wärme in grosser Menge und stärker als die des Sylvins und anderer Wärmearten", und fügt alsdann zu weiterer Erläuterung hinzu: „die grosse Diathermasie des Steinsalzes beruht nicht auf einem geringen Absorptionsvermögen desselben für die verschiedenen Wärmearten, sondern darauf, dass es nur eine einzige Wärmeart ausstrahlt und folglich auch nur diese eine absorbirt, und dass fast alle andern Körper bei der Temperatur von 150° C. Wärme aussenden, die nur einen kleinen Antheil oder gar keine von den Strahlen enthält, welche das Steinsalz aussendet."

Wenn Hr. Magnus daraus, dass das Steinsalz bei 150° nur eine einzige Wärmeart aussendet, schliesst, dass es auch nur diese eine absorbirt, ein Schluss, welcher bisher noch für keinen festen oder flüssigen Körper empirisch begründet ist, so erscheint es nicht unmöglich, dass er sich, überzeugt von der Allgemeingültigkeit einer bisher nur für die Gase thatsächlich erwiesenen Theorie, bei dem Durchstrahlungsversuch durch Steinsalz in diesem Sinne getäuscht habe.

Bei solcher Sachlage habe ich es im Interesse dieser, für die Lehre von der strahlenden Wärme nicht unwichtigen Frage für nöthig gehalten, meinen früheren Versuchen über die Durchstrahlung der vom erhitzten Steinsalz und andern heissen Körpern[3]) ausgehenden Wärmestrahlen durch Steinsalz neue hinzuzufügen.

Die grosse Analogie, welche nach neueren Erfahrungen der Sylvin in seinem Verhalten gegen die strahlende Wärme mit dem Stein-

1) Monatsber. der Berl. Academie 17. Juni 1869, S. 482. Pogg. Annalen. Bd. CXXXVIII, S. 334.

2) Die Arbeit des Herrn Magnus ist seitdem in Poggend. Ann. 1870 Nr. 3 und 4 veröffentlicht worden. C.

3) Pogg. Ann. Bd. CXX, S. 239 ff.

salz darbietet[1]), bestimmte mich, gleichzeitig auch diese Substanz der betreffenden Prüfung zu unterwerfen. Es kam darauf an zu entscheiden, ob die genannten beiden Substanzen bei der gewöhnlichen Temperatur (denn nur auf diese bezieht sich der aufgestellte Satz) die vom Steinsalz und Sylvin (bei etwa 150° C.) ausgestrahlte Wärme in gleichem oder ungleichem Verhältniss hindurchlassen würden.

Die Erwärmung dieser Körper geschah anfangs durch eine kleine, um 3 bis 4 Centimeter von ihnen entfernte Alkoholflamme, dann durch die nicht leuchtende Flamme eines Bunsen'schen Gas-Brenners, welche derart durch Metallschirme verdeckt waren, dass nur die Strahlen der erwärmten Krystalle (welche vollkommen dunkel blieben, z. B. mit dem Finger unbeschadet berührt werden konnten, während bei den oben gedachten Versuchen mit erhitztem Steinsalz auch höhere, bisweilen zum anfangenden Glühen gesteigerte Temperaturen nicht ausgeschlossen waren) zu einer etwa 45 Cm., dann 37 Cm. davon aufgestellten Thermosäule gelangten. Es wurden ausserdem alle, bereits wiederholentlich von mir bezeichneten Vorsichtsmaassregeln angewandt, um jede störende Nebenwirkung fern zu halten und bei dem Einschalten einer Steinsalz- oder Sylvinplatte vor der Thermosäule hinter einem durchbrochenen Schirm eine einfache Durchstrahlung dieser Platte zu sichern.

Nachdem vorläufige Versuche gelehrt hatten, dass die Entfernung der Wärmequelle in dem vorliegenden Falle keinen Einfluss auf die Durchstrahlungsverhältnisse ausübte, wurde vor jeder Einschaltung der diathermanen Platte die nämliche directe Einwirkung auf die Thermosäule, d. h. stets dieselbe Ablenkung der Galvanometernadel an dem mit ihr verbundenen Multiplicator durch Rücken der Wärmequelle herbeigeführt.

Betrug dieselbe unter den directen Strahlen eines erwärmten Steinsalzstücks 13 Grad und wurde alsdann eine 5 Mm. dicke, klare und chemisch reine Steinsalzplatte aus Stassfurth vor der Thermometersäule aufgestellt, so ging die Nadel auf 11° zurück. Dasselbe war der Fall, als die Steinsalzplatte mit einer Platte von Sylvin von $4^{mm},5$ Dicke vertauscht wurde.

1) Magnus, Pogg. Ann. Bd. CXXXIV, S. 302 bis 304. Knoblauch. Pogg. Ann. Bd. CXXXVI, S. 66 bis 70.

War die Ablenkung von 13° durch Einstrahlung eines Sylvins hervorgebracht, so stellte sich die Nadel beim Einschalten derselben Steinsalzplatte wieder genau auf 11°, beim Einführen der Sylvinplatte auf 10°,75.

Es war also bei dem Durchgange durch dieselbe Steinsalzlamelle keinerlei Unterschied, bei dem durch eine Sylvinlamelle nur von einem Viertelgrad wahrzunehmen, die Wärmestrahlen mochten vom erwärmten Steinsalz oder vom Sylvin ausgehen.

Um diess noch sicherer festzustellen, brachte ich bei fortgesetzten Versuchen (durch Annäherung der Wärmequellen) höhere Ablenkungen durch directe Einstrahlung auf das Thermoscop hervor, begnügte mich auch nicht mit denselben, der Erwärmung ausgesetzten Krystallen, sondern wechselte reine Krystalle von verschiedener Grösse und Form, fügte auch absichtlich solche hinzu, welche fremde Beimengungen enthielten: wie Steinsalzstücke mit Anhydrit und einen Sylvin mit Carnallit, ferner zum weiteren Vergleich die leuchtende Flamme einer Argand'schen Lampe, liess auch mehr als eine Steinsalz- und Sylvinplatte und zur Controle Glasplatten von der Wärme dieser Quellen durchstrahlen.

Die Ablenkungen, welche bei dieser Gelegenheit nach dem Einschalten der diathermanen Körper erhalten wurden, nachdem zuvor jedesmal eine Abweichung der Nadel auf 20° bewirkt worden, sind in der folgenden Uebersicht zusammengestellt.

Diathermane Körper	Erwärmtes reines Steinsalz	Erwärmtes reines Steinsalz von andern Dimensionen	Steinsalz mit Anhydrit	Steinsalz mit Anhydrit von andern Dimensionen	Erwärmter reiner Sylvin	Sylvin mit Caruallit	Argand'sche Flamme mit Glascylinder
Steinsalz jede der 3 Platten 5mm	18	18	18	18	18	18	18
Sylvin. 4mm	18	18	18	18	17,75	17,75	18
Zweite Platte 4,5mm	18	18	18	18	17,50	17,50	18
Glas 1mm	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	6,00
Zweite Platte 3mm	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	4,25

Es geht daraus hervor, dass keine der drei untersuchten Steinsalzplatten von 5^{mm} Dicke die geringsten Unterschiede in dem Verhalten gegen die, vom reinen oder mit Anhydrit untermengten Steinsalz, vom reinen oder mit Carnallit behafteten Sylvin ausgestrahlte dunkle Wärme zu erkennen gab, ja dass eine jede diese dunkle, von den verschiedenen Körpern ausgehende Wärme — in voller Uebereinstimmung mit allen früheren, hieher gehörigen Erfahrungen — in ganz demselben Verhältniss wie die leuchtende einer Lampe hindurchliess.

Bei den Sylvinlamellen zeigte sich ein unbedeutender Rückgang der Galvanometernadel, wenn die Wärme vom Sylvin ausging, im Vergleich mit den Ablenkungen unter den Strahlen der übrigen Wärmequellen.

Die Gläser haben die bekannte Erscheinung gezeigt, dass sie die dunkle Wärme in hohem Grade, weniger die leuchtender Quellen absorbiren.

Dass man es wirklich mit der Durchstrahlung der zu prüfenden Wärmearten zu thun hatte, ergiebt sich daraus, dass die Fortnahme oder das Verdecken der erhitzten Krystalle sofort die Nadel des Thermomultiplicators auf 1^{0},5 zurückgehen liess, auf welcher Stelle sie auch verharrte, die diathermane Platte mochte unter diesen Umständen vor der Thermosäule aufgestellt sein oder nicht. Ausser der unvermeidlichen, ursprünglich in der Thermosäule vorhandenen, geringen Temperaturdifferenz auf beiden Seiten derselben, welche diese Abweichung von 1^{0},5 (die streng genommen, von jeder andern wirklich beobachteten Ablenkung in Abzug zu bringen wäre) erzeugte, hat demnach keine fremdartige Einstrahlung auf die Thermosäule stattgefunden, auch die eigene Wärme der eingeschalteten diathermanen Körper keinen störenden Einfluss auf die Beobachtungen ausgeübt.

Wenn nach diesen Ermittelungen die angestellten Versuche in der That ausschliesslich diejenigen Wärmearten betroffen haben, um deren mehr oder minder reichlichen Durchgang, insonderheit durch Steinsalz und Sylvin es sich handelt, wenn die controlirenden Gegenversuche mit den Gläsern die bekannten Durchstrahlungsverhältnisse liefern, demnach jedem Physiker die Ueberzeugung verschaffen werden, dass, wo Unterschiede vorhanden waren, sie bei dem angewandten Verfahren auch aufgetreten sind, wenn endlich selbst die geringen

Unterschiede beim Durchgange der Wärme durch den Sylvin der Beobachtung nicht entgingen, so ist es nicht zu verstehen, weshalb bei Steinsalzplatten von der fünffachen Dicke derjenigen des Glases, welches so bedeutende Unterschiede in dem Durchgange ungleichartiger Wärmestrahlen erkennen liess, die so charakteristischen, auf grosse Wärmemengen gerichteten Absorptionswirkungen, welche Hr. Magnus in dem Steinsalz unter den vorliegenden Bestrahlungen voraussetzt, sich nicht hätten geltend machen sollen, wenn sie überhaupt existirten.

Ich könnte noch hinzufügen, dass die Untersuchungen auch auf Steinsalzstücke von 25^{mm} Dicke ausgedehnt worden sind, aber ich halte es für überflüssig, die betreffenden bestätigenden Resultate im Einzelnen mitzutheilen, weil ich weiss, dass durch die Vergrösserung der Dicke der diathermanen Körper die Zuverlässigkeit der Durchstrahlungsbeobachtungen nicht gewinnt, während die Sicherheit der mitgetheilten, immer aufs Neue wiederholten und in sich übereinstimmenden eine solche ist, dass auch Anderen, z. B. den Mitgliedern des hiesigen naturwissenschaftlichen Vereins, welche sich der Mühe unterzogen, dieselben in Augenschein zu nehmen, kein Zweifel über deren richtige Beurtheilung geblieben ist.

Hrn. Magnus's Einwand gegen den behandelten, von Melloni und mir vertretenen Satz, welcher nur die einfache Logik der Thatsachen ausspricht, hat sich demnach bisher an der Erfahrung nicht bestätigt gefunden: es ist bis jetzt kein Factum erwiesen, welches dagegen spricht, dass chemisch reines und klares Steinsalz bei der gewöhnlichen Temperatur allen Wärmestrahlen den Durchgang in gleichem Verhältniss gestatte und dass in dieser Eigenschaft der Sylvin ihm am nächsten stehe.

Historische Bemerkung zu einer Veröffentlichung des Hrn. G. Magnus über die Reflexion der Wärme.

Von **Dr. Hermann Knoblauch,**
Professor an der Universität Halle.

(Vom Herrn Verfasser freundlichst mitgetheilt.)

Herr Magnus hat in seinem Bericht an die Berliner Academie im Juli 1869, welcher in Pogg. Annalen Bd. 138, S. 174 bis 176 abgedruckt ist, sich mit der Frage beschäftigt, „wie sich die Körper in Bezug auf ihr Reflexionsvermögen verhalten, ob ähnliche Verschiedenheiten, wie sie in Bezug auf die Absorption und den Durchgang der Wärme bei Körpern, die sich gegen das Licht ganz gleich verhalten, beobachtet sind, auch in Bezug auf die Reflexion der Wärme vorkommen."

Derselbe erwähnt zur Literatur nur einer Untersuchung der Herren de la Provostaye und Desains vom Jahre 1849, welche die Wärme einer Lampe, nachdem sie durch Glas oder Steinsalz gegangen oder prismatisch zerlegt war, von einigen Metallen reflectiren liessen; übergeht aber, dass die Beantwortung jener Frage den Inhalt einer von mir verfassten Abhandlung ausmacht, welche Hr. Magnus selbst im Mai 1845 die Güte hatte, der Berliner Academie vorzutragen und welche aus den Monatsberichten in den 65. Band Pogg. Annalen S. 581 bis 592 aufgenommen ist, so wie einer, auf eine grössere Anzahl von Wärmequellen und mehr als 70 reflectirende Körper sich beziehenden Arbeit, welche einen Theil einer 1846 erschienenen Dissertation: „de calore radiante disquisitiones" p. 54 bis 101 bildet, die ich als ein Zeichen meiner Hochachtung Hrn. Magnus gewidmet hatte, und welche in wörtlicher Uebersetzung, wenn zwar mit abgekürzter Literatur, in Pogg. Annalen 1847, jener Theil im Bde. 71, S. 1 bis 68 sich findet. Die auf diese Untersuchungen folgenden Beobachtungsreihen, ebendaselbst 1857, Bd. 101,

S. 177 bis 213 und 1860, Bd. 109, S. 595 bis 606 hatten die Absicht, die vorliegende Frage möglichst nach allen Seiten hin zu erschöpfen.

Ohne den besonderen Inhalt dieser mühevollen, Jahre in Anspruch nehmenden Arbeiten hier noch ein Mal durchsprechen zu wollen, in dem Vertrauen, dass derselbe, wenn er es verdient, auch ohne mein Zuthun, weiteren Eingang in die Lehre von der strahlenden Wärme sich verschaffen wird, glaube ich mich darauf beschränken zu dürfen, anzugeben, wo in den bezeichneten und damit eng zusammen hängenden Abhandlungen diejenigen Ergebnisse sich finden, welche Herr Magnus als die seiner jüngsten Beobachtungen in Anspruch nimmt. Kürze halber will ich auch nur auf das in Poggendorff's Annalen Enthaltene verweisen, und die Vorarbeiten Anderer aus der, bei jeder einzelnen meiner Abhandlungen nach bestem Wissen mitgetheilten Literatur als bekannt voraussetzen.

Am Eingange seiner Veröffentlichung bezieht sich Hr. Magnus auf einen der Academie am 7. Juni 1869 gelieferten Nachweis, dass es Körper giebt, die nur eine oder einige wenige Wellenlängen ausstrahlen und man darnach erst jetzt in dem Steinsalz eine derartige Substanz, in andern Körpern solche kennen gelernt habe, welche bei der Temperatur von 150° C. eine beschränkte Zahl von Wellenlängen aussenden.

Ganz abgesehen davon, dass jener Nachweis, auf welchen Herr Magnus sich beruft, ein mündlicher gewesen sein muss, indem der publicirte Bericht vom 7. Juni (Pogg. Annalen Bd. 138, S. 333) nicht die geringste Andeutung eines solchen, sondern nur eine einfache Versicherung enthält, ist hierauf zu bemerken, dass im 71. Bande Pogg. Annalen, S. 59 bis 61 nach genauer Mittheilung der betreffenden Versuche und Messungen ausdrücklich hervorgehoben ist, wie die von gewissen Körpern unter 90° R. ausgesandte Wärme als einfach erscheine, weil sie, dem feinsten Prüfungsmittel gegenüber (Durchstrahlung durch diathermane Platten), sich stets als eine und dieselbe darstelle, sie möge direct von dem mässig erwärmten Körper kommen oder von den ungleichartigsten Körpern zurückgeworfen[1]) oder durch die verschiedensten diathermanen Substanzen hindurchgegangen[2]) sein, während Strahlen einer mannigfaltigen Wärmequelle

1) Pogg. Annal. Bd. 65, S. 585, 586; Bd. 71, S. 33 bis 37, 59 bis 63.

2) Pogg. Annal. Bd. 70, S. 360, 361; Bd. 71, S. 60.

unter diesen Umständen die allergrössten Verschiedenheiten darbieten [1]) Eben dieses Mittel hatte auch erkennen lassen, dass die Erwärmung über 90° R., also über eine Temperatur, welche noch sehr weit von der Glühhitze entfernt ist, ausreiche, um schon bei einem und demselben Körper, z. B. einem erhitzten Metallcylinder, bereits eine Mannigfaltigkeit von Strahlen hervortreten zu lassen, wie dies Bd. 70, S. 222, 223; Bd. 71, S. 35, 36, 60 näher belegt ist. Eine besondere Ermittelung hat sich auch gerade damit beschäftigt, wie weit diese Mannigfaltigkeit bei jenen niederen Temperaturen eine sehr geringe sei und wie sie mit der Steigerung derselben zunähme. (Bd. 71, S. 60 bis 67).

Die Beantwortung der Hauptfrage nach dem Verhalten der reflectirenden Körper bezieht Hr. Magnus nur auf die zurückgeworfenen Wärmemengen. Vier Körper: Silber und drei diathermane Substanzen: Glas, Steinsalz und Flussspath werden erwähnt und unter ihnen zeigt nur der Flusspath, den vom Steinsalz oder Sylvin ausgesandten Wärmestrahlen gegenüber, ein ungleiches Reflexionsvermögen.

Die in derselben Rücksicht von mir angestellten Versuche haben das Reflexionsvermögen jener grossen Zahl verschiedener reflectirender Flächen, gegenüber den Wärmestrahlen einer Argand'schen Lampe, rothglühenden Platins, einer Alkoholflamme und eines dunkelheissen Metallcylinders, ermittelt und an den meisten ergeben, dass sie die verschiedenen Strahlen in ungleicher Menge zurückwerfen. Bei einigen unter ihnen, z. B. beim Carmin und schwarzen Papier, trat diess so eigenthümlich hervor, dass eine förmliche Umkehr in dem Sinne erfolgte, dass Carmin die Strahlen der Argand'schen Lampe besser als schwarzes Papier, diess dagegen die Wärme des heissen Cylinders besser als Carmin reflectirte. Während die ausführliche Mittheilung aller Einzelheiten im Bde. 71, S. 48 bis 53 sich findet, hebt auch der im Jahre 1845 an die Academie erstattete Bericht unter Anderem dieses Verhalten ausdrücklich hervor (Bd. 65, S. 587, 588). Das gesammte Ergebniss schien sich nicht bezeichnender darstellen zu lassen, als: es könne, mit Ausnahme von Kohle und Metall, von keinem Körper gesagt werden,

1) Pogg. Annal. Bd. 70, S. 360, 361; Bd. 71, S. 12 bis 21, 24 bis 38, 58 bis 67.

dass er die Wärme überhaupt besser oder schlechter als ein anderer reflectire, weil sich diess Verhältniss mit jeder Bestrahlung ändert (Bd. 71, S. 56).

Charakteristischer aber als bei der Ermittelung der zurückgeworfenen Quantitäten tritt das Verhalten der reflectirenden Körper bei der Untersuchung der Eigenschaften hervor, welche die Wärmestrahlen vor und nach ihrer Zurückwerfung (z. B. in ihrer Fähigkeit, diathermane Substanzen zu durchdringen) zu erkennen geben. Die betreffenden Resultate finden sich: Bd. 65, S. 581 bis 586; Bd. 71, S. 4, 5, 10 bis 45, 58 bis 67; Bd. 101, S. 177 bis 188, 191 bis 195; Bd. 109, S. 595 bis 601.

Erst der Zusammenhang beider Erscheinungen: der Mengen und der Eigenschaften der bei ungleichen Wärmequellen von verschiedenartigen Körpern reflectirten Strahlen lässt deren Einwirkung auf die strahlende Wärme ganz überblicken und gibt in Verbindung mit der Erwärmung der Körper durch die nicht zurückgeworfenen Strahlen (Bd. 70, S. 231, 232) über den gesammten dabei stattfindenden Vorgang vollen Aufschluss. Er weist direct eine auswählende Absorption als eine Thatsache nach, welche beim Licht nur als eine für die Erklärung angenommene Hypothese erscheint (Bd. 65, S. 586 bis 589; Bd. 71, S. 45 bis 54).

Stellte sich in diesen Resultaten bei der Reflexion eine neue Uebereinstimmung zwischen den Wärme- und Lichterscheinungen dar, wie sie zuerst bei dem directen Vergleich der von verschiedenen Wärme- und Lichtquellen ausgehenden Strahlen, dann bei dem Durchgange durch verschiedene diathermane Körper sich ergeben hatte, so lag es auch hier nahe, optisch gleichartige Flächen in ihrem thermischen Verhalten zu untersuchen, und die verschiedenartigsten Gruppirungen der reflectirenden Körper aus diesem Gesichtspuncte in dem Bericht vom Jahre 1845 (Bd. 65, S. 589 bis 592) und in der ausführlicheren Arbeit (Bd. 71, S. 11 bis 68, 70) haben, wie ich meine, diese Frage nach allen Beziehungen betrachtet. Sie haben in Uebereinstimmung mit den darauf folgenden Vergleichen unter Anderem gezeigt, dass die meisten gleichfarbigen Körper sich thermisch ungleich verhalten, dass gegenwärtig z. B. kein einziger weisser Körper bekannt ist, welcher auch alle Wärmestrahlen in gleichem Verhältniss zurückwürfe (Bd. 101, S. 200, 201). — Auch diese von Hrn. Magnus berührte

und durch den Schluss seiner Mittheilung dahin beantwortete Frage, dass „ein Auge, welches die verschiedene Wellenlänge der Wärme wie die Farben des Lichts zu unterscheiden vermöchte, alle Gegenstände, ohne dass sie besonders erwärmt wären, in den allerverschiedensten Farben erblicken würde“, ist somit als eine damals erledigte zu betrachten.

Ausser der verschiedenen Natur der reflectirenden Körper und der auf sie einfallenden Wärmestrahlen war auch die Beschaffenheit der Oberfläche (ungleicher Grad der Rauhheit: Bd. 71, S. 24 bis 26; Bd. 101, S. 195 bis 199; bei Metallen auch ein verschiedenartiges Ritzen, parallel, senkrecht zur Reflexionsebene u. s. w.: Bd. 71, S. 25 bis 27; Bd. 101, S. 203 bis 207), so wie der Neigungswinkel zwischen Fläche und Wärmestrahlen (Bd. 101, S. 201 bis 212; Bd. 109, S. 601 bis 606) in Betracht gezogen und deren Einfluss auf die Menge wie auf die Eigenschaften der zurückgeworfenen Wärme ermittelt worden.

Diess ist demnach seit geraumer Zeit der Stand der Sache bis zu dem Augenblicke gewesen, da Hr. Magnus diese, möglichst nach allen Seiten hin gerichteten Untersuchungen als nicht geschehen behandelt und die ihnen zu Grunde liegende Frage wie eine neue aufwirft. Fern liegt der Gedanke, ihm das Verdienst schmälern zu wollen, die vom Steinsalz, Sylvin und andern bisher nicht genannten Körpern ausgehende Wärme in ihrer Reflexion von Silber, Glas, Steinsalz und Flussspath untersucht zu haben, oder seine Resultate am Flussspath zu bestreiten, wenn zwar aus den unbeschriebenen[1]) Versuchen nicht zu ersehen, auf welche Weise die reflectirte Wärme von der eigen ausgestrahlten der zurückwerfenden Körper getrennt und der Einfluss der Durchstrahlung bei den diathermanen Reflectoren eliminirt worden ist; aber es widerspricht den Grundsätzen wissenschaftlicher Gerechtigkeit, ältere Untersuchungen zu ignoriren und allgemeine Ergebnisse als neu hinzustellen, welche seit 24 Jahren (ganz abgesehen von den überdiess hier obwaltenden besonderen Verhältnissen) in der angesehensten Zeitschrift für Physik bekannt gemacht sind.

1) Während der Correctur wird mir bekannt, dass Hr. Magnus nachträglich ausführlicher über seine Versuche in den Abhandlungen der Berliner Academie vom Jahre 1869 berichtet. Die meiner Erwiderung zu Grunde liegende Frage wird jedoch von dieser Mittheilung nicht berührt.

Ueber ein neues Aneroid-Barometer, bestimmt zu barometrischen Höhenmessungen.

Von J. **Goldschmid**, Mechaniker in Zürich.

(Zeitschrift der östereichischen meteorologischen Gesellschaft Nro. 8.)

(Hiezu Tafel XII. Figg. 5–9.)

Von verschiedenen Seiten dazu aufgemuntert, erlaube ich mir, hier eine kurze Beschreibung meines neu construirten Aneroidbarometers mit Schraubenmicrometer für barometrische Höhenmessungen, so wie eine kurze Anleitung zur Höhenmessung durch dasselbe mitzutheilen.

Wie bekannt, hat die Unbequemlichkeit, ein Quecksilberbarometer zu barometrischen Höhenbestimmungen auf Reisen mitzuführen, zu einer grossen Zahl von Vorschlägen, theils auch zu Ausführungen von Instrumenten geführt, welche das Barometer ersetzen sollten, die sich aber entweder nicht practisch erwiesen, oder keine Verbreitung fanden.

Nur das Aneroidbarometer theilt dieses Schicksal nicht. Dasselbe wurde im Princip, den Luftdruck vermittelst einer luftleeren Büchse zu messen, bei seinem Erscheinen als practisch anerkannt und von den Männern der Wissenschaft mit Freuden begrüsst. So gut dieses Barometer, wie es im Allgemeinen gegenwärtig fabrizirt wird, seinen Dienst versieht als Wetteranzeiger, Zimmerzierde oder leicht portatives Instrument auf Reisen, so eignet sich dasselbe doch nicht zu wissenschaftlichen Höhenbestimmungen. Naturforscher sprechen sich darüber in folgender Weise aus: „Das Aneroidbarometer lässt uns auf hohen Bergen im Stich; es versagt seinen Dienst und hält die Strapazen der Reisen nicht aus. Besonders bei anhaltendem Reiten geräth der Mechanismus in Unordnung." — Da ich durch vielfache Versuche gefunden habe, dass die luftleere Büchse, welche der Bewegung des Aneroidbarometers zu Grunde liegt, die kleinsten Luftdruckveränderungen empfindet, so wurde mir bald klar, dass die Unzulänglichkeit

des Instrumentes für Höhenbestimmungen nur in dem Mechanismus liege, welcher die Bewegung der luftleeren Büchse zu übertragen hat. Am Schlusse werde ich einige Berechnungen über die Empfindlichkeit desselben anführen. Ich habe nun diesen Uebertragungsmechanismus geändert und dadurch die Vortheile einer viel grösseren Solidität, Genauigkeit und Ermöglichung, das Instrument für die grössten vorkommenden Höhenunterschiede mit Sicherheit anwenden zu können, erlangt.

Auf der Pariser Weltausstellung hoffte ich in dieser Beziehung etwas Neues zu finden, was aber leider nicht der Fall war. Die Fabrikanten trachten nur darnach, die bekannte alte Construction in verschiedenen Grössen und mit viel Eleganz als Handelsartikel in die Welt zu senden.

Der englische Alpenclub fühlte das Bedürfniss ebenfalls, ein genaues und zuverlässiges Aneroidbarometer zu besitzen, munterte deshalb vor einigen Jahren unter Aussetzung eines Preises die Mechaniker auf, den schon angeführten Unvollkommenheiten abzuhelfen, besonders noch hervorhebend, dass der Gang der bis jetzt existirenden Instrumente beim Auf- und Niedersteigen an einem Berge nicht der gleiche sei, deshalb zu genauen barometrischen Höhenmessungen nicht genüge und dass die besten bisher bekannten Instrumente nicht erlaubten, Höhen über 9000 Fuss zu messen, abgesehen davon, dass deren Construction so empfindlich sei, dass sie häufigen Störungen, namentlich bei Ueberwindung grosser senkrechter Differenzen, unterworfen seien. So viel mir bekannt, ist bis anhin noch kein Instrument zu Tage gefördert, das den genannten Anforderungen entsprochen hat. Ich hoffe daher, dass durch diese Veröffentlichung mein Aneroidbarometer auch in England Anerkennung und Aufnahme finden werde.

Bevor ich jedoch zur Erklärung meines Instrumentes übergehe, ist es nothwendig, hier diejenige des gewöhnlichen Aneroidbarometers vorausgehen zu lassen, woraus zugleich ersichtlich werden wird, warum dieses Barometer bei grossen Höhendifferenzen den Dienst versagt oder bei heftigen Erschütterungen leicht in Unordnung geräth.

Die Ursachen, warum dieses Instrument sich nicht zur Bestimmung von grossen Höhendifferenzen eignet, sind folgende:

Um das Instrument portativ zu machen, wird demselben ein möglichst kleiner Umfang gegeben. Die Scala wird dadurch zu sehr zusammengedrängt, um den nöthigen Grad der Höhenunterschiede an-

geben zu können oder für die höheren Luftregionen brauchbar zu sein. Hat der Zeiger einen ganzen Kreis beschrieben, so wird er je nach der Einrichtung des Mechanismus entweder stille stehen, oder ganz unsichere und unbestimmte Bewegungen machen. — Ein weiterer Grund liegt in der Uebertragung der Bewegung der Büchse auf den Zeiger vermittelst der feinen Kette. Bei starken Stössen windet sich dieselbe ungleich fest auf die Welle, was eine Verstellung des Zeigers zur Folge hat, welche um so auffallender wird, je grösser die Uebersetzung ist. Es kann auch sehr leicht ein Gelenktheil der Kette brechen, oder dieselbe rostend werden, wodurch sie unbiegsam und für ihren Zweck unbrauchbar wird.

Wie schon oben bemerkt, habe ich durch eine Reihe von Versuchen gefunden, dass die luftleere Büchse jede noch so kleine Veränderung des Luftdruckes empfindet und angibt. Es handelt sich daher blos um eine zweckentsprechendere Uebertragung derselben, als dies bei dem eben beschriebenen Aneroidbarometer der Fall ist, um dieses Instrument eben so vorzüglich als bequem zum Gebrauche zu machen. Dieses erreichte ich dadurch, dass ich den complicirten Mechanismus beseitigte, und dafür eine einfache Micrometerschraube in Verbindung mit zwei Hebeln anwandte, um die Bewegung der Büchse zu übertragen.

Aneroidbarometer mit Schraubenmikrometer. (Figur 5.)

aa. cylindrisches Gehäuse, über welchem sich der in 100 Theile getheilte Kreis *b* horizontal drehen lässt. Eine Mikrometerschraube ist im Innern mit demselben verbunden und unten wirkt er auf zwei Hebelarme, deren Enden *ee'* in der Schlitzöffnung *dd'* von aussen sichtbar sind. Jeder derselben hat einen feinen, horizontalen Strich, die als Indices für die auf Elfenbein getheilte Scala *f'* dienen. Zur scharfen Einstellung ist eine Loupe *g* angebracht, welche zur Theilung schief gestellt ist, damit die Linien der Indices und der Theilung in einander verfliessen und keine Intervalle bemerkbar werden. Der bei *b* gravirte Pfeil gibt die Richtung an, in welcher man im gegebenen Falle den Theilkreis zu drehen hat.

Einstellung des Aneroidbarometers.

Die Manipulation, das Aneroidbarometer einzustellen, ist sehr einfach. Mit der linken Hand wird dasselbe in der Höhe des Auges horizontal gehalten, und mit der Rechten der Theilkreis angefasst.

Die Stellung des Instrumentes soll zum einfallenden Lichte so gewählt sein, dass die zwei Indexstriche *e* und *e'*, durch die Loupe *g* gesehen, dem Auge scharf und deutlich erscheinen. Die Loupe ist mit ihrem Träger *h* so verbunden, dass sie heraus oder hineingeschraubt werden kann, um dieselbe in den richtigen Focus für das Auge des Beobachters zu bringen; auch dreht sich der Träger *h* bei *i*, damit man mit der Loupe den Indices längs der Schlitzöffnung folgen kann. In Tafel XII Figur 6, 7 und 8 sind die Theilungen vergrössert dargestellt und ist ersichtlich, wie die Indices in den verschiedenen Stellungen zu einander stehen können. — In Figur 6 ist Index *e'* über *e*. In diesem Fall wird der Theilkreis von rechts nach links gedreht. Nach Figur 7 soll in umgekehrter Richtung, also in der Richtung des Pfeiles gedreht werden. Es ist wichtig, dass auf diese Angaben geachtet wird, da in diesem Falle eine Drehung von rechts nach links dem Instrument von Nachtheil sein könnte. Sollte man sich beim Einstellen nicht gleich Rechenschaft geben können, welchen Weg zu drehen sei, so fehlt man nie, wenn in der Richtung des Pfeiles gedreht wird. — Bei der Einstellung ist, wie schon früher bemerkt, wichtig, dass die beiden Indexstriche Figur 4 *e* und *e'* genau in eine Linie fallen. — Eines kleinen Handgriffes muss ich hier noch erwähnen, der bei einer genauen Einstellung nicht vernachlässigt werden darf: Die Einstellung soll immer von oben nach unten geschehen, d. h. man soll zuerst die Hebel zu einander in die Stellung von Figur 6 bringen, wo *e'* über *e* steht, schraubt alsdann von rechts nach links, bis die Striche gerade in einer Linie sind und gibt dann dem Instrument eine leicht erschütternde Bewegung, indem man mit den Fingern der rechten Hand etwas leise darauf schlägt, gleich dem üblichen Anklopfen beim Beobachten des Quecksilberbarometers als Nachhülfe zur Ueberwindung der Adhäsion des Quecksilbers an der Glasröhre, hier zu dem Zwecke, die Hebel in ihre Lage zu führen. Man wird öfters nach dieser Manipulation noch eine kleine Verstellung des Theilkreises nothwendig finden.

Für einen grösseren Transport, z. B. per Post etc. oder wenn ein hoher Berg bestiegen wird, soll das Instrument abgestellt werden und zwar auf folgende Art: Nach Figur 9 wird das Instrument umgekehrt und so lange die Micrometerschraube zurückgeschraubt, bis die Indices in der Schlitzöffnung bei *d* sind, wo dann der Schieber *k* vorgeschoben wird.

Ablesung der Einstellung.

Bei dieser Anordnung kann der Barometerstand nicht direct am Instrument abgelesen werden, sondern die Scale am Aneroidbarometer erhält eine willkürliche Eintheilung, welche nach einer beigegebenen Tabelle erst in Mm. der Barometerscale verwandelt werden muss. (Zwar nur dann, wenn man vergleichende Versuche mit dem Quecksilberbarometer machen will.) Diese Verwandlung ist aber durchaus nicht schwierig oder zeitraubend, was wir später sehen werden. Zur Erklärung der Ablesung diene Figur 8. Auf dem Elfenbeinplättchen *ff'* ist eine Scale angebracht, wo je 1 Theil = 100 Theilen des Theilkreises *b* entspricht oder gleich einem Schraubenumgang der Micrometerschraube. Ich habe die Bezeichnung der Eintheilung so gewählt, dass 0 unten und die höheren Zahlen oben stehen, ebenso gut hätte ich umgekehrt verfahren können.

Nach der Zeichnung stehen die Indexstriche *ee'* zwischen 1000 und 1100. Die Einheiten werden an dem Theilkreis *b* beim Indexstrich *c* abgelesen, also hier 44; die gefundene Zahl ist also 1044 Theile.

Bestimmung des Werthes der Theilung im Vergleich zum Quecksilberbarometer.

Hiezu muss eine Tabelle auf empirischem Wege angefertigt werden, was auf zwei Arten geschehen kann. Erstlich, indem man das Aneroidbarometer mit dem Quecksilberbarometer während der Besteigung eines Berges vergleicht. Diese Art der Vergleichung ist aber umständlich und zeitraubend und nicht jederzeit ausführbar. Ich wählte daher ein anderes Verfahren und brachte das Aneroidbarometer unter den Recipienten einer Luftpumpe, von welcher aus eine Röhre zum offenen Schenkel eines Heberbarometers führte. Bei Verdünnung der Luft durch die Pumpe beginnt das Spiel beider Barometer. Das Sinken des Quecksilberbarometers und das Steigen des Hebels des Aneroidbarometers werden gleichzeitig von je einem Beobachter notirt. Auf diese Art kann die Bestimmung einer Vergleichstabelle bis auf die höchste erreichbare Höhe aufgeführt werden. Wie genau eine solche Bestimmung der Wirklichkeit entspricht (wenn dieselbe mit gehöriger Sorgfalt ausgeführt ist), werde ich später durch Beispiele darthun. Zur richtigen Bestimmung einer solchen Tabelle bedarf es einiger Erfahrung, indem es sehr darauf ankommt, in welcher Art und Weise dieselbe ausgeführt wird. Zudem soll sie mit grosser Ge-

wissenhaftigkeit bestimmt werden, indem dies volle Zutrauenssache von Seite des Bestellers zum Fabrikanten ist, da der erstere sich von der Richtigkeit des Instrumentes nicht sogleich, sondern erst beim Gebrauche desselben überzeugen kann. Es ist selbstverständlich, dass für jedes einzelne Instrument eine solche Tabelle immer mit gleicher Sorgfalt angefertigt werden muss, da es in der Ausführung unmöglich ist, zu erzielen, dass alle luftleeren Büchsen genau den gleichen Weg machen.

Einfluss der Temperatur auf das Aneroidbarometer.

Es ist noch der Einfluss der Temperatur auf das Aneroidbarometer zu ermitteln, was ebenfalls bei jedem einzelnen Instrumente besonders geschehen muss. Bei dieser Bestimmung ist einige Vorsicht zu beobachten. Es soll hauptsächlich in allen seinen Theilen gleiche Temperatur haben. Es ist deshalb zu vermeiden, das Instrument z. B. auf eine wärmere oder kältere Unterlage zu stellen, als die Temperatur des Instrumentes beträgt etc. Allfällige Temperaturcorrection ist bei einer Reduction auf 0 in Rechnung zu bringen.

Zum Schutze des Instrumentes bringe ich dasselbe in ein Etui mit besonderer Einrichtung, die von der Art ist, dass, wenn der Deckel weggenommen wird, zugleich auch der Theil der Seitenwand des Etuis weggehoben wird, wo die Loupe und Theilscale frei ist, so dass das Instrument, ohne aus demselben genommen zu werden, ungehindert beobachtet werden kann.

Zum Schlusse erlaube ich mir noch einige Angaben zu machen über mein Aneroidbarometer, besonders in Betracht seiner Genauigkeit, Solidität und Haltbarkeit für die Dauer u. s. w., welches ich für nothwendig erachte, da noch hie und da Misstrauen, besonders bezüglich des letzt angeführten Punctes gegen das Aneroidbarometer obwalten möchte.

Aus diesem Grunde war ich bis anhin mit der Veröffentlichung zurückhaltend und trachtete zuerst Daten mehrjähriger Erfahrung zu sammeln, und Versuchsresultate von unparteiischen Fachmännern erhalten und anführen zu können. Ein wichtiger Factor ist, wie ich schon früher erwähnte, die Solidität eines solchen Instrumentes, und ich erlaube mir, hierüber in Kürze einige Beispiele anzuführen.

Im Jahre 1857 gab ich ein Aneroidbarometer, ähnlich dem jetzt construirten, an die eidgenössische Industrieausstellung nach Bern, wo

ich mit einer silbernen Medaille bedacht und beehrt wurde. Bald zeigte sich Gelegenheit, dasselbe an Herrn Dr. Häusser nach Amerika zu senden. Es war seit dieser Zeit dessen Begleiter auf seinen Reisen, die er grösstentheils zu Pferde machen musste. Als praktisch bewährt, beauftragte er mich, noch zwei Exemplare zu senden, die ebenfalls ihrem Zweck entsprachen. Der gleichen Sendung waren zwei Aneroidbarometer der erst beschriebenen gewöhnlichen Construction beigepackt, die durch die Strapazen der Reise unbrauchbar wurden. Sehr erwünscht war es mir, durch Gelegenheit meine Aneroide nach acht- und elfjährigem Gebrauch von ihm znr Prüfung zurück zu erhalten, denn Beobachtung ist der Prüfstein aller Theorie. Voraussichtlich war, dass in dieser Zeit der Stand des Aneroidbarometers im Vergleich mit dem Quecksilberbarometer nicht mehr ganz der gleiche sei, analog dem Thermometer, dessen 0 Punct nach Jahren höher steht als bei der ersten Bestimmung. Die luftleere Büchse muss dem constanten Luftdruck etwas nachgeben. Die Prüfung ergab bei denselben eine Aenderung in genanntem Sinne von 3 bis 6 Mm. höherem Barometerstand. Da die neu bestimmten Vergleichstabellen aber im Verhältniss ganz die gleichen, wie die früher dem Instrument beigegebenen waren, so hat diese Aenderung in der Anordnnng nicht den geringsten Nachtheil, da diese Differenzen als constante Grössen bei vergleichenden Beobachtungen in Abzug gebracht werden können. Auch hier zeigte sich die Befürchtung ungegründet, dass mit der Zeit durch die dünnen Metallplatten Luft eindringe, da die constante Grösse im umgekehrten Falle sich zeigen würde und ganz besonders noch der Temperatur-Einfluss ein ganz bedeutend grösserer wäre.

Im gleichen Jahre 1857, als mich der jetzt verstorbene Professor Staatsrath Kämtz in Petersburg, dazumal in Dorpat, auf seiner Durchreise nach der schweizerischen Alpenwelt, die er fast alljährlich durchwanderte, besuchte, nahm er versuchsweise eines meiner Aneroidbarometer mit, obgleich er in Betreff der Solidität u. s. w., in Folge der mit Aneroiden gewöhnlicher Construction gemachten Erfahrungen, volles Misstrauen gegen Aneroidbarometer hatte. Das Instrument erwies sich aber als practisch, weshalb mich Herr Professor Kämtz mit dem Ankauf desselben beehrte. Im Jahr 1860 empfahl er dasselbe im Repertorium für Meteorologie.

Als zweites Zeichen seiner Zufriedenheit bestellte er vor einem Jahre, kurz vor seinem Tode, für das k. k. physikalische Cabinet der

Wissenschaften in Petersburg wieder zwei solche Aneroidbarometer, die ebenfalls glücklich am Orte ihrer Bestimmung anlangten.

Durch die Güte des Herrn Professor Mousson wurde mir 1858 die Gelegenheit zu Theil, ein solches Aneroidbarometer an den Naturforscher Herrn Dr. Schläffli nach Afrika zu senden, der es bis zu seinem Tode 1863 als stete Begleitung mit sich führte. Es langte mit seinem Nachlass unversehrt wieder in Zürich an und ist dem physicalischen Cabinet des eidgenöss. Polytechnicums einverleibt worden.

Was die Uebereinstimmung des Ganges des Aneroidbarometers mit dem Quecksilberbarometer anbetrifft, so hat ersteres auch die Feuerprobe bestanden.

Es ist hauptsächlich noch zu untersuchen, ob das schon beschriebene Verfahren, wie ich die Tabelle, resp. den Werth der Theilung zum Quecksilberbarometer bestimme, in der Praxis sich bewähre. Es gibt zur Prüfung kein anderes Mittel, als beim Besteigen und Hinuntersteigen eines Berges das Aneroidbarometer mit einem Quecksilberbarometer zu vergleichen.

Herr Siber-Gysi, Präsident der zürcherischen Section Uto, der mich in meinem Unternehmen immer auf's Freundlichste in zuvorkommendster Weise unterstützte, hatte die Güte eine grosse Reihe von vergleichenden Beobachtungen mit dem Quecksilberbarometer bei Höhenmessungen in allen Luftregionen auszuführen, wodurch mir das Mittel an die Hand gegeben wurde, das Aneroidbarometer auf den Grad der Vollkommenheit zu bringen, dass es allen billig gestellten Anforderungen entspricht. Im Sommer vor einem Jahre machte Herr Siber mit zwei von meinen Aneroidbarometern und mit einem Heberbarometer auf einer Bergtour an der Scesaplana vergleichende Beobachtungen. Die Resultate waren sehr günstig, da die Abweichungen beider Barometer vom Quecksilberbarometer kein Mm. überstiegen. Er beehrte mich deshalb auch mit dem Ankauf eines solchen Aneroidbarometers.

Weitere Versuche hatte Herr Weilemann, Assistent bei Herrn Prof. Wolf an der hiesigen Sternwarte, die Güte diesen Spätherbst zu machen. Er nahm ein Aneroidbarometer auf eine Bergtour mit und benutzte zur Vergleichung die Barometer der meteorologischen Stationen, die er im Jahre vorher an Ort und Stelle mit einem Fortinschen Reisebarometer verglichen und allfällige Correctionen gemacht hatte. Die Resultate waren ebenfalls sehr günstig und zwar folgende:

	Quecks. C. mm	Aneroid mm	Differenz mm	Abweichung
Sternwarte Zürich	717.3	722.3	— 5.0	vor der Abreise
„ „	715.2	720.4	— 5.2	bei der Rückkehr
somit mittlere Differenz			— 5.1	
Thusis	698.7	703.8	— 5.1	0.0
Splügen	641.0	645.6	— 4.6	— 0.5
Bellinzona	745.7	750.7	— 5.0	— 0.1
Locarno	744.7	749.8	— 5.1	0.0
Faido	703.1	708.3	— 5.2	+ 0.1
Airolo	667.2	671.9	— 4.7	— 0.4
Gotthard	596.0	601.2	— 5.2	+ 0.1
Andermatt	645.4	649.9	— 4.5	— 0.6

Diese Versuchsresultate geben uns wieder den Beweis der Richtigkeit meines Verfahrens, die den verschiedenen Ständen des Aneroids entsprechenden Barometerstände zu bestimmen, sowie die Bestätigung, dass das Aneroidbarometer beim Steigen und Fallen dem Quecksilberbarometer gleich steht.

In Folge dieser günstigen Resultate beehrte mich Herr Professor Dr. R. Wolf mit dem Ankauf dieses Aneroid-Barometers für die meteorologische Gesellschaft der Schweiz.

Kleinere Mittheilungen.

Objectiv - Spectralapparat.

Von S. Merz.

(Hiezu Tafel X.)

In Gilbert's Annalen der Physik Jahrgang 1823 theilt Fraunhofer seine Beobachtungen der Spectra vom Lichte der Fixsterne mit. Er sagt: „ich habe vor Kurzem ein eigenes blos zu diesem Zwecke bestimmtes grosses Instrument verfertiget, mit einem Fernrohr von 4 Zoll Oeffnung des Objectives. Das Flintglas-Prisma dieses Instrumentes hat einen Winkel von 37° 40′ und denselben Durchmesser als das Objectiv."

Es sind diess unbestritten die ersten Sternspectralversuche. Erst nach Decennien folgten weitere Untersuchungen über das Licht der Sterne von Lamont[1]), Donati, Secchi, Jannsen, Huggins, Lockyer und Zöllner, welche Beobachter jedoch alle den Weg Fraunhofer's bereits verlassen hatten und mit Ocular-Apparaten zu experimentiren begannen.

Pater Resphigi in Rom versuchte nun neuestens die Fraunhofer'sche Methode wieder in Anwendung zu bringen. Die ersten Experimente fielen so glänzend aus, dass Pater Secchi in einem Briefe an mich schrieb: „le Professeur Resphigi me dit des merveilles du prisme que vous lui avez envoyé" und mir für den Refractor der Sternwarte des Collegium Romanum einen Objectiv-Spectralapparat zu construiren auftrug.

Nachdem der besagte Apparat lange an seinen Bestimmungsort abgegangen ist und Pater Secchi darüber in den Comptes Rendus

1) Jahrbuch der königlichen Sternwarte bei München 1838 Seite 190—191, worin constatirt wird, dass nach Fraunhofer Lamont die Priorität der Sternspectralanalyse für sich in Anspruch nehmen kann.



vom 22. November 1869 Bericht erstattet hat, so dürfte es passend erachtet werden, auch in diesen Blättern davon zu sprechen. Tafel X die linke Figur zeigt denselben vollständig montirt, um auf das Objectivtheil des Refractors gesteckt zu werden, die rechte Figur zeigt das Spectral-Prisma ausgenommen und zur Seite gelegt. Der brechende Winkel dieses Prisma beträgt 12°. Es ist aus reinstem farblosen Flintglas gefertigt, so dass der Lichtverlust durch dasselbe = 0 gesetzt werden darf. Seine Oeffnung misst 6 Pariser Zoll. Die Fassung ist mit den nöthigen Corrections-Vorrichtungen ausgestattet.

Trotzdem nun dieses Prisma die effective Oeffnung des 9zölligen Refractors zu Rom mehr als um die Hälfte reducirt, übertrifft die Helligkeit bei weitem die Helligkeit des Refractors bei voller Oeffnung von 9 Zoll, wenn dabei ein Ocular-Spectroscop à vision directe benutzt weroen will. Die Dispersion ist mindestens die sechsfache auch des mächtigsten Ocular-Apparates. („L'ouverture du refracteur reste ainsi réduite de plus de la moitié de sa surface; sagt Secchi, mais, malgré cela, la lumière est si intense qu'elle surpasse beaucoup celle qu'on obtient avec l'interposition des prismes à vision directe près de l'oculaire. La dispersion est si considerable qu'elle surpasse, de six fois au moins, celle que j'ai obtenue avec l'oculaire spectroscopique plus puissant, et même avec le spectroscope composé sans fente, à lentille cylindrique, que j'ai employé primitivement.")

Die Kosten dieses Objectiv-Spectralapparates beliefen sich auf 525 fl = 300 Thlr.

Mit etwas Lichtverlust könnte einem Objectiv-Spectral-Apparat für Sternlichtanalyse aber wohl die Einrichtung zur Beobachtung à vision directe gegeben werden. Ein erst dieser Tage vollendetes Objectiv-Spectral-Prisma à vision directe, aus Crown- und Flintglas bestehend, hat auch den Erwartungen vollkommen entsprochen. Dasselbe hat 34''' Oeffnung und ein Dispersionsvermögen äquivalent einem Flintglasprisma von 26° brechendem Winkel.

Sigmund Merz.

Bemerkungen über das Waagebarometer.

Von R. Radau.

Ich will in Folgendem versuchen, die Theorie des Waagebarometers so einfach als möglich darzustellen, im Anschluss an die Auf-

sätze, welche ich im Repertorium (Bd. III) und in Poggendorff's Annalen (Bd. 133, 1868) veröffentlicht habe.

Sei also T das Gewicht des Barometerrohrs, welches durch ein an der Spitze wirkendes Gegengewicht F in verticaler Stellung schwebend erhalten wird, während der untere Theil in ein Quecksilberbad taucht[1]).

Sei ferner

Q das Gesammtvolum des Quecksilbers in dem Apparat;
M das Volum des Quecksilbers im Innern des Rohrs;
Z das Volum des eingetauchten Theils, mit Einschluss des Hohlraums, in dem sich Quecksilber befindet;
V das Volum des Quecksilberbades, mit Inbegriff von Z; folglich
$Q - M = V - Z$ das Volum der das Rohr umgebenden Flüssigkeit.

Ist noch s das augenblickliche specifische Gewicht des Quecksilbers, so erfordert das hydrostatische Gleichgewicht, dass $T + Ms = F + Zs$, denn der Luftdruck ist um das Barometer herum äquilibrirt, wie man leicht einsieht. Hieraus folgt

$$1) \; \ldots \; Z - M = V - Q = \frac{T - F}{s}.$$

Die Gleichung $Vs = Qs + T - F$ zeigt, dass Vs constant ist, sobald das Gegengewicht F constant bleibt, da Qs das Totalgewicht des vorhandenen Quecksilbers ausdrückt. In diesem Fall ist V das Volum eines constanten Gewichts, d. h. der äussere Quecksilberspiegel ändert sich blos mit der Temperatur, und zwar so, als ob das Bad voll wäre; das Gefäss stellt dann ein wirkliches Thermometer vor.

Im Allgemeinen ändert sich aber F um die Grösse f, wenn sich das Barometerrohr bewegt, weil das Gegengewicht meistens durch Hebelarme auf das Rohr wirkt. Sei nun:

C der innere Durchschnitt der Barometerkammer;
B der äussere Durchschnitt des eingetauchten Theils Z in der Höhe des äussern Quecksilberspiegels;
E der volle Durchschnitt des Gefässes in derselben Höhe, mit Einschluss von B.

1) Ich habe früher durch T und F nicht die Gewichte, sondern die äquivalenten Quecksilbervolumina bezeichnet.



Denken wir uns den Stand des oberen Niveau's C an der Wand der Barometerkammer, den des untern Niveau's E an dem Rohr und an der Gefässwand markirt. Bei einer Bewegung des Rohrs erhebt sich das Niveau C um h Millimeter über seine Marke, E erhebt sich um p über die Marke am Rohr und um n über die Marke am Gefäss; die Differenz $d = p - n$ ist die Grösse, um welche das Rohr gegen die Marke am Gefäss sinkt. Dadurch wächst M um Ch, Z um Bp und V um En. Nehmen wir der Einfachheit wegen an, die festen Theile des Apparats haben alle denselben linearen Ausdehnungscoëfficienten $e = 0{,}000012$, während $q = 0{,}00018$ die Ausdehnung des Quecksilbers für 1 Grad ist, so vergrössert ausserdem eine Temperaturerhöhung von 1 Grad die Capacitäten M, Z, V im Verhältniss von 1 zu $1 + 3e$, während Q in $Q\,(1 + q)$ und s in $\frac{s}{1+q}$ übergeht. Mit Rücksicht hierauf giebt die Gleichung $V = Q + \frac{T-F}{s}$ sofort:

$$3e\ V + En = q\left(Q + \frac{T-F}{s}\right) - \frac{f}{s},$$

oder . . . 2) . . . . $En = (q - 3e)\ V - \frac{f}{s}.$

Die Gleichung $Z - M = \frac{T-F}{s}$ giebt in derselben Weise:

$$3) \ldots Bp - Ch = (q-3e)\frac{T-F}{s} - \frac{f}{s}.$$

Sei nun β die Länge der Barometersäule; wächst der Luftdruck um m Millimeter und die Temperatur um 1 Grad C., so wächst β um $m + q\beta$. Der Zuwachs ist anderseits im Rohr $h-p+e\beta$; folglich

$$4) \ldots\ldots h-p = m + (q-e)\,\beta.$$

Aus den Gleichungen 2, 3, 4 können wir die Grössen n, h, p, d bestimmen. Setzen wir:

$$\omega = \frac{ECs}{E-B+C}$$

und

$$r = (q-e)\,\beta + (q-3e)\left(\frac{T-F}{Cs} - \frac{B-C}{C}\frac{V}{E}\right),$$

so wird die Grundformel für das Waagebarometer, indem wir jetzt eine Temperaturerhöhung von t Graden einführen:

$$5) \ldots\ldots \frac{B-C}{C}\,d + \frac{f}{\omega} = m + rt.$$

Die Grösse d wird beobachtet oder registrirt; r ist der scheinbare Druck oder der Fehler im beobachteten Luftdruck, welcher durch eine Temperaturerhöhung von 1 Grad entsteht; er kann grösser oder kleiner als bei dem gewöhnlichen Barometer sein. Die Grösse ω ist die bewegende Kraft, welche einer Druckänderung von 1 Millimeter entspricht, denn wir haben $f = m\omega$ für $d = o$ und $t = o$. Werden alle Dimensionen in Millimetern ausgedrückt, so ist $s = 0^{gr.},0136$ zu nehmen. So findet man z. B. $\omega = 44$ Gramm für $C = 2800$, $B = 3800$, $E = 7200$ Quadratmillimeter. Nehmen wir an, das Gefäss sei cylindrisch, und seine Tiefe $\frac{V}{E} = 390^{mm.}$, ferner $\beta = 760^{mm.}$ und $T - F = 1350$ Gramm, so wird $r = 0^{mm.},114$, etwas kleiner als bei dem gewöhnlichen Barometer[1]). Man könnte nun daran denken, die Dimensionen des Apparats so zu wählen, dass $r = 0$, d. h. dass der Einfluss der Temperatur compensirt würde. Dazu wäre aber sehr viel Quecksilber erforderlich, und man hätte dann noch zu fürchten, dass die Temperatur der Umgebung sich dieser grossen Quecksilbermasse nur langsam mittheilen dürfte. Am besten würde eine derartige Compensation wohl dadurch zu erreichen sein, dass man das Gegengewicht mit einem Ausflussthermometer verbindet, wodurch man $f = \omega r t$ machen kann (nach einer schriftlichen Mittheilung von H. Wild, jetzt Director des physischen Centralobservatoriums zu Petersburg).

Die Grösse f kann man auch $= 0$ lassen, indem man ein constantes Gegengewicht anwendet, oder man kann dieselbe auf verschiedene Weise proportional zu δ erhalten; in beiden Fällen hat man schliesslich $m = \alpha . d - r . t$, und man wird immer am besten thun, die Coefficienten α und r empirisch zu bestimmen.

Ueber die Fortpflanzung der menschlichen Sprachlaute durch Eisendraht.

Von A. Weinhold.

Die grosse Vollkommenheit, mit welcher gespannte Schnuren und Drähte die Schwingungen starrer Körper fortpflanzen, an denen sie

1) In Pogg. Ann., S. 439, ist irrthümlich $T - F = 770$ anstatt $= 99$ Cubikcentimeter Quecksilber gedruckt.



befestigt sind, veranlasste mich zu versuchen, ob nicht auch die Laute der menschlichen Sprache durch Drähte fortgepflanzt werden können und die gewonnenen Resultate sind — obgleich theoretisch nichts neues bietend — wohl interessant genug, um ihre Mittheilung gerechtfertigt erscheinen zu lassen.

Zwei kleine Resonanzkästen wurden durch einen Eisendraht von $0^{mm.},65$ Dicke verbunden. In dem Dachraume eines isolirt stehenden Hauses werde der eine Resonanzkasten an einer passend aufgestellten Leiter befestigt, im Dachraume eines zweiten, gleichfalls isolirten Hauses wurde der andere Resonanzkasten an vier Schnüren aufgehängt und mit deren Hülfe soweit angezogen, dass der Draht straff wurde, dieser trat natürlich aus beiden Dachräumen durch das Fenster in's Freie. Der horizontale Abstand der beiden Resonanzkästen wurde (durch Triangulation) gleich $646^{m},5$ gefunden, eine zwischen den beiden Häusern befindliche Thalsenkung gab die Möglichkeit, die ganze Drahtlänge frei schweben zn lassen, es betrug dabei

	Station A	Station B
der horizontale Abstand der Drahtenden vom Scheitel der gebildeten Kettenlinie	$317^{m},9$	$328^{m},6$
die verticale Höhe der Drahtenden über dem Scheitel	$16^{m},0$	$17^{m},0$
das Gesammtgewicht des Drahtes . . .	$1675^{grm.}$	
die Spannung im höchsten Puncte (B) .	$8270^{grm.}$	

Bei der grossen Flachheit der Kettenlinie (Aufhängungswinkel $5^{0}44'$ und $5^{0}56'$) konnte die Spannung an allen Puncten des Drahtes als nahezu gleich angesehen werden, sie betrug etwa 0,6 von derjenigen, bei welcher der Draht zerreisst. Der Draht war geglüht, an 5 Stellen war derselbe zusammengesetzt durch sorgfältiges Zusammendrehen der zu vereinigenden Enden.

Die Resonanzkästen wurden getragen durch Bretter von etwa $2^{cm.}$ Dicke und einigen Decimetern Länge und Breite, die ohngefähr rechtwinkelig gegen die Drahtrichtung angebracht waren (in A auf der Leiter, in B an den Schnüren); durch viereckige Oeffnungen in den Brettern ging der Draht frei hindurch und war in der Mitte jedes Resonanzbodens durch ein enges Loch gezogen und ausserhalb um ein 4 bis $5^{cm.}$ langes, $2^{mm},5$ dickes Stück Kupferdraht gewunden; die Spannung des Drahtes drückte diese Drahtstücken fest auf die Resonanzböden und somit die Resonanzkästen auf ihre Unterlagbretter,

auf denen sie durch einige Drahtstifte gegen seitliche Verschiebung gesichert waren. An jeder Station war also das Brett mit der viereckigen Oeffnung dem Fenster zugewendet, der eigentliche Resonanzboden dem inneren Raume, in dem sich der Beobachter befand.

Die Dimensionen der Kästen waren:

	A	B
	cm	cm
Länge	19,5	22,0
Breite	11,4	13,0
Höhe	9,2	1,1
Dicke des Resonanzbodens	0,2	0,17
die der Oeffnungen in den Unterlagsbrettern:		
Länge	9,0	6,0
Breite	5,5	4,0

Als Höhe der Kästen ist der Abstand des Resonanzbodens vom Unterlagbrett bezeichnet, während des Versuchs war diese Discussion nahezu horizontal, die als Breite bezeichnete nahezu vertical.

Der Kasten in B bestand aus einem, auf einen hölzernen Rahmen geleimten Fournür von Tannenholz, der in A war nichts als ein gewöhnliches Cigarrenkistchen.

Zwei Beobachter, welche sich vor den Resonanzkästen, d. h. in der Verlängerung der Drahtenden so aufstellten, dass sie mit dem Munde 5 bis 15$^{\text{cm.}}$ davon entfernt waren, konnten sich bequem unterhalten, ohne die Stimme viel mehr erheben zu müssen, als beim gewöhnlichen Gespräch, so lange die Luft ruhig war und zwar wurden die an einem Ende des Drahtes gesprochenen Worte am anderen Ende leicht noch von Personen verstanden, die bis zu 1^{m} vom Resonanzkasten entfernt waren. Obgleich ein schwaches Summen des Drahtes alles Gesprochene und Gehörte begleitete, waren doch die feinsten Unterschiede im Klang der Stimme vollkommen bemerkbar, man erkannte nicht nur die Stimmen verschiedener Personen mit Leichtigkeit, sondern es war auch die Veränderung wahrnehmbar, welche eintritt, wenn man sich anstrengt, laut zu sprechen, wie es nöthig wurde, wenn der am Tage des Versuches reichlich wehende Wind zu lebhaft wurde. Bei sehr starkem, heulenden Winde tönte der Draht selbst so stark, dass das Gesprochene undeutlich wurde, dann konnte man sich nur durch Signale mit Stimmgabeln oder durch Klopfen auf den Resonanzboden verständigen.

An einem 209^m,7 von Station B entfernten Puncte war der Draht dem Erdboden am nächsten; dort lag er auf der Schulter eines Gehülfen auf, ehe er vollkommen angespannt war, wenn dieser das Ohr dem Draht bis auf einige Centimeter näherte, konnte auch er die gesprochenen Worte verstehen, obgleich die Uebertragung noch nicht ganz so vollkommen war, als bei völlig freischwebendem Draht.

Der durch Klopfen mit einem Bleistift auf den Resonanzboden erzeugte Schall kam als vier- bis sechsfaches Echo wieder zurück, bei vorläufigen Versuchen mit einem 330^m langen, 1^{mm} dicken Drahte ergab sich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Drahte 15mal so gross, als in der Luft (30° C.).

Auf Entfernungen bis zu 150^m reicht es aus, einen gewöhnlichen Bindfaden zwischen den ohne Unterlagbretter in den Händen gehaltenen Resonanzkästen auszuspannen, doch ist die Uebertragung der Stimmen dann nicht so überraschend, weil man auf solche Entfernungen vom Schall der Stimme direct noch etwas wahrnimmt, die Fortpflanzung eines Stimmgabeltones, der Musik einer Spieldose oder des Klopfgeräusches ist für ganz kleine Entfernungen (50^m) noch ein hübscher Demonstrationsversuch.

Nach den Resultaten, welche der $\frac{1}{12}$ Meile lange Eisendraht gab, glaube ich schliessen zu dürfen, dass sich die Sprachlaute in ähnlicher Weise noch auf wesentlich grössere Entfernungen übertragen lassen, nur müsste man dann den Draht, damit er nicht durch sein eigenes Gewicht zerreisst, zwischen zwei sehr hoch liegenden Puncten ausspannen oder ihn an einigen Stellen durch Aufhängen an Fäden unterstützen.

Chemnitz, im Mai 1870.

Ueber eine zweckmässige Abänderung der Bunsen'schen Kette.

Von D. Laschinoff.

(Hiezu Tafel XII Figg. 1—3.)

Jeder, der mit galvanischen Batterien öfteren Umgang hat, weiss wohl, wie umständlich und lästig deren Zusammensetzung und Füllung ist. Die sogenannten constanten Ketten (von Meidinger, Marié-Davy, Léclanché u. dgl.), welche in der letzten Zeit so starke Verbreitung gefunden haben, beseitigen zwar diesen Uebelstand, kön-

nen aber bei den meisten physikalischen und chemischen Experimenten nicht gebraucht werden, indem sie zu schwache Ströme geben. Die bekannte Grenet'sche Kette, aus Zink und Kohle bestehend, welche vor jedem Experiment in die darunter befindliche Chromsäurelösung eingetaucht wird, gibt freilich im Anfang einen starken Strom, jedoch mit der Zeit nimmt seine Stärke rasch ab.

Um allen diesen Uebelständen abzuhelfen, richte ich das Bunsen'sche Element so ein, dass es sich beim Umdrehen von selbst entlade. Zu diesem Zwecke ist der ganze Apparat aus zwei Abtheilungen zusammengesetzt, deren eine nichts anderes ist, als eine gewöhnliche Bunsen'sche Kette mit hohler Kohle, während die andere dazu bestimmt ist, Flüssigkeiten, die beim Umdrehen aus der ersten Abtheilung strömen, aufzunehmen.

Die beiden aufeinandergesetzten Gläser *A* und *B* (Tafel XII Figur 1) sind durch eine Hartgummischeibe getrennt, die zwischen ihren verdickten Rändern eingepresst wird. Figur 2 stellt diese Scheibe vor. Durch die runde Oeffnung *o* kommt das obere, ein wenig abgedrehte Ende der Kohle *c* und wird von oben mit einem Kupferringe *k* umgeben, der die Stellung der Kohle in der Scheibe sichert und zugleich den Ausgangspunkt des Drahtes *l* bildet. (Fig. 1.) Die Schräubchen *s*, *s*, *s* befestigen den Zinkcylinder *z*,*z* in derselben Scheibe so, dass er nicht wackeln kann. (Figur 1 u. 2.) Durch den Ausschnitt *d* fliesst die verdünnte Säure aus dem einen Glase in das andere, wenn der ganze Apparat umgestürzt wird. Durch den anderen Ausschnitt *e* kommen der mit Kautschuk überzogene Draht *l* und das kupferne Band *m* (vom Zink) heraus. Durch diese Einrichtung wird also ein Ausschnitt, den man sonst im Glase machen müsste, vermieden.

In die obere Kohlenöffnung wird ein kleines, mit Schmirgel eingeriebenes Glaskölbchen *g* eingesetzt, dessen Inhalt ein wenig grösser sein muss, als der der Kohle. Um das Herausfallen desselben beim Umdrehen zu verhindern, sind am Ringe *k* zwei kurze hakenförmige Drähtchen befestigt (in der Figur sind sie weggelassen), welche bei der Erweiterung *h* am Halse greifen. Die Versuche haben übrigens gezeigt, dass diese Haken nur dann nöthig sind, wenn der Apparat ziemlich kräftigen Stössen ausgesetzt wird, beim vorsichtigen Umgange aber genügen schon die Reibung und der Auftrieb der äusseren Flüssigkeit, in welche das Kölbchen theilweise getaucht ist, um das letztere festzuhalten.

Um die beiden Gläser *A* und *B* mit einander zu verbinden, wende ich einen starken, aus zwei auf Scharnieren sich bewegenden Hälften bestehenden Holzring *D* an. (Fig. 3). Beim Anziehen der Schraube *f* drücken die schiefen inneren Ränder des Ringes (Fig. 1) die verdickten Ränder der Gläser fest zusammen. Um die beiden Poldrähte herauszulassen, ist im Ringe, der Schraube gegenüber, ein schiefer Ausschnitt *ii* gemacht, dessen Schnittflächen ungefähr 45° mit dem Horizont bilden. Dadurch wird es möglich, den einen Draht nach oben, den anderen nach unten zu führen. (Fig. 1 u. 3.)

Statt der Schraube *f* kann auch ein enger aber starker Gummiring auf die Vorsprünge *u,u* aufgelegt werden.

Will man das Element anfänglich füllen, so öffnet man den Holzring, nimmt das Glas *B* und das Kölbchen *g* weg und füllt das Glas *A* mit verdünnter Schwefelsäure, die Kohle aber mit Salpeter- oder Chromsäure; dann setzt man die weggenommenen Theile wieder auf ihre Stelle und umfasst das Ganze mit dem Holzring. In diesem Zustande ist der Apparat zur Wirkung bereit. Will man das Element entladen, so braucht man es nur umzustürzen, wobei man es nach der der Oeffnung *e* entgegengesetzten Seite neigen muss, damit die Flüssigkeit nach Aussen nicht ausfliesse. Die verdünnte Schwefelsäure strömt dann in's Glas *B*, die Salpetersäure in das Kölbchen *g*. In dieser Lage kann der Apparat längere Zeit bleiben und sehr bequem transportirt werden.

Will man vollkommen wasserdichte Schliessung der beiden Gläser erzielen, worauf besonders beim Transport Rücksicht zu nehmen ist, so soll man noch zwei weiche Gummiringe zwischen der Hartkautschukscheibe und jedem der Glasränder einlegen.

Die beschriebenen Elemente können sehr leicht in eine Batterie verbunden werden. Dazu braucht man sie bloss in beliebiger Anzahl zwischen zwei mit Höhlungen (für die Aufnahme der Gläser) versehene Bretter zu stellen, welche an den Ecken mit Bolzen verbunden sind. Dreht man das ganze System um, so ladet oder entladet sich die Batterie. Die Holzringe *D* können in diesem Falle weggelassen werden. Um die Drehung bequemer auszuführen, kann man die ganze Batterie auf einer horizontalen Axe befestigen.

Eine Batterie dieser Art ist besonders für Vorlesungsversuche geeignet, weil sie lange dienen kann, ohne von Neuem gefüllt zu

werden, da man bei den meisten physikalischen und chemischen Experimenten den Strom nicht länger als während $^1/_4 - ^1/_2$ Stunde braucht.

Ich glaube, dass auch in der Medicin solche Elemente eine nützliche Anwendung finden können. Endlich muss ich hervorheben, dass, da die Batterie sich im geladenen Zustande bequem transportiren lässt, sie zu Minensprengungen und dergleichen Zwecken angewendet werden kann.

Petersburg, Landwirthschaftliches Institut,
30. April 1870.

Ueber eine neue experimentelle Methode, die Bewegung tönender Luftsäulen zu analysiren.

Von A. Töpler und L. Baltzmann in Graz.

(Wiener Acad. Anzeiger 1870 Nr. IX.)

Die vortheilhaften Resultate, welche von Töpler bereits vor vier Jahren durch Anwendung des stroboscopischen Principes auf die Untersuchung von schwingenden Körpern erzielt wurden, liessen erwarten, dass eine Methode gefunden werden könne, nach welcher der Bewegungszustand einer tönenden Luftsäule in allen Phasen einer Schwingung ermittelt werden kann.

Boltzmann machte den Vorschlag, zwei Strahlen von ein und derselben intermittirenden Lichtquelle, von welchen der eine durch Luft von normaler Beschaffenheit, der andere aber in passender Weise durch eine tönende Pfeife gegangen, zur Interferenz zu bringen. Es muss beim Tönen der Pfeife eine stroboscopische Bewegung der Interferenzstreifen entstehen, aus deren genauer Messung auf den thatsächlichen Bewegungsvorgang in der Luftsäule geschlossen werden kann.

Der Vorschlag hat sich als erfolgreich in einem von Töpler construirten Apparate erwiesen, welcher im Wesentlichen die folgende Einrichtung hat. Jede Zinke einer electromagnetisch erregten und leicht regulirbaren Stimmgabel trägt einen kleinen Spaltenschirm; die schwingenden Spalten geben die doppelte Excursion der Zinken als Relativbewegung, und lassen nur beim Uebereinandergleiten in ihrer Mittellage die Strahlen eines Heliostaten in den verfinsterten Beobachtungsraum treten. Ausserdem ist die Unterbrechungsvorrichtung

so angeordnet, dass die sonst nur kleinen Excursionen der Gabel sehr beträchtlich gesteigert werden können, was bei der Beobachtung mit mehrfachen Vortheilen verknüpft ist.

Das intermittirende Licht gelangt zu einem entfernten Interferenz-Prisma, nachdem es vorher zur Hälfte oberhalb, zur Hälfte unterhalb der Bodenplatte einer lothrecht gestellten, gedeckten Pfeife hindurchgegangen ist. Zwei gegenüberstehende Seitenwände der letzteren sind zu diesem Zwecke mit genau planparallelen Glasplatten versehen, welche noch zum Theil über das gedeckte Pfeifenende hervorragen. Die Bodenplatte selbst ist eine dünne, geschliffene Eisenlamelle, welche senkrecht zu den Glaswänden hermetisch eingepasst ist.

Die Interferenzstreifen werden durch eine Lupe mit Fadenkreuz beobachtet. Intermittirende Spalte, Bodenplatte der Pfeife und brechende Kante des Prisma sind natürlich parallel gestellt. Tönt nun die Pfeife, deren Tonhöhe mit der Schwingungszahl der Spalte beliebig nahe gleichgestimmt werden kann, so sieht man die Interferenzstreifen beliebig langsam vor dem Fadenkreuz auf- und abwandern. Die schon direct wahrnehmbare Bewegung der Interferenzstreifen wird endlich dadurch sehr leicht messbar gemacht, dass man den Weg des Lichtes innerhalb und ausserhalb der Pfeife durch Spiegelung verlängert.

Wurde die Pfeife so stark angeblasen, als es ohne Hervortreten der Obertöne zulässig war, und hatten beide Strahlen durch Reflexion 9mal die Dicke der Pfeife (58 Mm.) durchlaufen, so rückte die Interferenzerscheinung um 7 — 8 Streifenabstände auf und nieder. Die Rechnung ergibt hieraus, dass der Unterschied zwischen dem grössten und kleinsten Luftdruck im Knoten unter Rücksicht auf die Temperaturveränderung während der Schwingung in obigem Falle $^1/_{26}$ bis $^1/_{23}$ einer Atmosphäre (Kundt fand bei einer gedeckten Pfeife durch Manometer $^1/_{16}$ Atmosphäre), ferner, dass die Amplitude im Bauche der stehenden Schwingung etwas mehr als 3 Mm. betrug.

Es ist sehr wichtig zu bemerken, dass bei hinreichend constantem Luftstrom und genauer Abstimmung von Gabel und Pfeife die stroboscopische Bewegung der Interferenzfigur so langsam und regelmässig verläuft, dass man sie genauer durch Messung verfolgen kann. Unser Apparat ist verbunden mit einem electro-magnetischen Registrirwerk, auf dessen Papierstreifen die Zeitpuncte vom Beobachter markirt werden, in welchem je eine Interferenzlinie durch das Fadenkreuz geht, während ein Pendel auf demselben Papierstreifen Secunden-

puncte aufzeichnet. Die Abstände der vom Beobachter markirten Puncte variiren periodisch und geben Aufschluss über die Zustände während des Verlaufes einer Luftschwingung.

Wir veröffentlichen das Obige aus einer schon längere Zeit fortgeführten Beobachtungsreihe, da wir mittlerweile ersehen, dass auch Mach nach der bekannten vibroscopischen Methode intermittirendes Licht benutzt, um die Schwingungen von Luftsäulen mittelst darin erzeugter Rauchstreifen zu zeigen. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass eine messende Beobachtung bis auf Bruchtheile einer ganzen Schwingung, wie sie durch unsere Methode thatsächlich ermöglicht ist, aus der Staub- oder Rauchbewegung wohl schwerlich mit gleicher Sicherheit herzuleiten sein wird.

Ueber die Erregung longitudinaler Schwingungen durch transversale.

Von Prof. Stefan in Wien.

(Wiener Acad. Anz. 1870 Nr. IX.)

Ein Kautschukschlauch wird an dem einen Ende durch ein Plättchen, in welches eine Spalte eingeschnitten ist, verschlossen. Das andere Ende mündet in das Ohr. Wird die Spalte nahe an einen transversal schwingenden Stab gebracht, so dass dieser an der Spalte vorbei schwingt, so hört man durch den Schlauch die höhere Octav des Tones, welchen der Stab schwingt.

Ebenso gelingt der Versuch, wenn man statt des Stabes eine schwingende Platte oder eine Stimmgabel verwendet. Immer wenn die Luft von der Spalte transversal gegen die Axe des Schlauches schwingt, pflanzt sich durch den Schlauch eine longitudinale Bewegung von doppelt so grosser Schwingungszahl fort, eine Erscheinung, welche sich aus den aërodynamischen Sätzen leicht erklären lässt.

Diese Versuche geben Aufschluss über die Bewegung der Luft in der Nähe einer Stimmgabel und führen zu einer einfachen Erklärung der von Stokes beschriebenen Verstärkungen des Tones einer Stimmgabel durch in gewissen Lagen nahe gebrachte Platten. Die Hauptursache der Verstärkung liegt im Mitschwingen der Platten und dieses tritt nur dann ein, wenn die Platten von den schwingenden Lufttheilchen normal getroffen werden.

Die Versuche über die Erregung longitudinaler Wellen durch transversale Bewegungen bilden ein Gegenstück zu dem von Melde ausgeführten Versuche, bei welchem eine Seite durch longitudinale Anregung in transversale Schwingungen gebracht die tiefere Octav des anregenden Tones schwingt, eine Erscheinung, die sich aus der Theorie der Schwingungen von Saiten von periodisch veränderlicher Spannung auch analytisch erklären lässt.

V. v. Lang. Ueber eine neue Methode die Diffusion der Gase durch poröse Scheidewände zu untersuchen.

(Wiener Acad. Anz. 1870. Nr. VII.)

Der hierbei angewandte Apparat besteht aus einer Thonzelle, wie sie zu den Bunsen'schen Elementen angewendet wird und welche durch ein dünnes Kautschukrohr mit dem Luftrohr einer Mariotte'schen Flasche in Verbindung gesetzt wird. Die untere Oeffnung dieses Luftrohres befindet sich in gleicher Höhe mit der Ausflussöffnung, so dass das Gas in der Thonzelle sich immer unter dem Luftdrucke befindet, und dass, sobald eine Volumsvermehrung in der Zelle entsteht, diese durch das Kautschukrohr in den obern Raum der Mariotte'schen Flasche sich ansammelt. Gleichzeitig läuft ein gleiches Volum Wasser aus, das durch Wägung leicht bestimmt werden kann. Durch eine kleine Abänderung lässt sich der Apparat auch für den Fall einer Volumverminderung anwenden.

Den Fall der Volumvermehrung, der zum Beispiel eintritt, wenn man die mit Luft gefüllte Thonzelle in Leuchtgas taucht, hat Prof. Lang auch der Rechnung unterzogen und Formeln erhalten, die mit den Beobachtungen recht gut stimmen.

Mach. Ueber die Beobachtung von Schwingungen.

(Wiener Acad. Anz. Nr. VI.)

Man erhält ein sehr einfaches Vibroskop, wenn man eine Reihe König'scher Brenner in die Seitenwand einer Orgelpfeife einsetzt. Macht man die Flammen sehr klein, so leuchten sie fast nur mo-

mentan periodisch auf und es lassen sich die Schwingungen der Stimmgabeln, Saiten, Pfeifen etc. bei dem Lichte dieser Flammen sehr schön und scharf beobachten.

Die Kundt'schen Staubwände sieht man auf diese Weise in einer gläsernen Orgelpfeife hin- und herschwingen. Man kann die Luft in der Pfeife auch mit sehr feinen Querlinien überziehen auf folgende Weise. Ein Platindrath ist an der obern Wand der horizontalen Pfeife der ganzen Länge nach durch das Rohr gezogen. Derselbe wird mittelst eines Badeschwämmchens mit Schwefelsäure bestrichen, welche auf dem Drathe eine Reihe regelmässiger Tröpfchen bildet. Beim galvanischen Erhitzen des Drahtes sinken nun die Tröpfchen als feine Dampflinien quer durch die Pfeife herab. Man kann die in die Seitenwand einer Pfeife gesetzten Brenner mit den Spitzen durch die Seitenwand einer andern Pfeife in dieselbe quer hineinragen lassen. Tönt die erste Pfeife, so zeigen die Flammen bekannte Erscheinungen. Tönt die zweite Pfeife, so verbreitern sich die Flammenbilder; sie schwingen nach der Länge der zweiten Pfeife hin und her. Tönen beide Pfeifen und geben sie Stösse, so erhält man den Eindruck einer Longitudinalwelle, indem die durch die zweite Pfeife oscillirenden Flammen vermöge der Wirkung der ersten immer in anderen Lagen aufleuchten. Die feineren Details deuten auf sehr merkwürdige Eigenthümlichkeiten der Luftbewegung, die sich nicht kurz beschreiben lassen.

Es bleibt mir als Ergänzung zur ersten Mittheilung zu erwähnen, was ich damals übersehen hatte, dass bereits Töpler Versuche mit einer gewöhnlichen Stimmgabel mit Schlitzen angestellt, dieselben jedoch der Schwierigkeiten wegen wieder aufgegeben und die rotirenden Scheiben bevorzugt hat. Ich habe meinen Apparat auch so eingerichtet, dass man die durch die electrische Gabel selbst erregten Schwingungen beobachten kann, wodurch alle Regulirungschwierigkeiten vollständig wegfallen. Die Sammellinse sammt der fixen Spalte wurde zum Heben und Senken eingerichtet. Man macht sich die Bewegung in einem beliebigen Tempo willkürlich mit der Hand sichtbar, indem man durch Heben und Senken der Spalte verschiedene Phasen beleuchtet.

Setzt man statt der fixen Spalte nach dem Vorgange Töpler's ein Fernrohr, dessen Objectiv aber (der Helligkeit wegen) durch ein Spaltensystem bedeckt ist, über dem sich ein zweites Spaltensystem

an der Stimmgabel vorschiebt, so eignet es sich vorzüglich zu subjectiven Beobachtungen.

Ueber die Polarisation der Wärme.

Von Professor Tyndall.

(Philosophical Magazine, April 1870.)

Zwei grosse Nicol'sche Prismen wurden vor eine electrische Lampe gebracht und die Einrichtung getroffen, dass jedes für sich um seine Axe gedreht werden konnte. Die Lichtstrahlen der Lampe, die durch eine Sammellinse etwas convergent gemacht wurden, gingen dann durch die beiden Prismen; dazwischen wurde ein Gefäss mit einer Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff gestellt. Hinter die Prismen wurde eine Thermosäule gebracht, die mit zwei conischen Reflectoren versehen war; die hintere Seite der Säule erhielt Wärme von einer Platinspirale, durch welche ein electrischer Strom ging, der mittelst eines Rheostaten regulirt werden konnte.

Die Anordnung der Apparate war der Art getroffen, dass, wenn die Hauptschnitte der Nicol's gekreuzt waren, die Nadel des mit der Thermosäule verbundenen Galvanometers eine Ablenkung von 90° zu Gunsten der hinteren Wärmequelle zeigte. Eines der Prismen war dann gedreht, so dass die Hauptschnitte parallel wurden. Die Nadel ging sogleich auf Null zurück und stellte sich bei 90° auf der anderen Seite davon ein. Drehte man weiter, bis die Hauptschnitte wieder senkrecht gegen einander standen, so ging die Nadel durch Null in ihre erste Lage zurück.

Bei diesen Versuchen war das feine Galvanometer verwendet, womit Tyndall seine Untersuchungen über strahlende Wärme angestellt hatte; sie gelangen aber auch noch mit einem Vorlesungsgalvanometer.

Pneumodensimeter.

Von Antoni de Negro.

(Hiezu Taf. XI. Fig. 1—5.)

Herr Antoni de Negro hat in „Les Mondes" vom 17. März 1870 einige Modificationen angegeben, die er an dem Apparate an-

gebracht hat, welchen Bunsen zur Bestimmung des specifischen Gewichtes der Gase vorgeschlagen hat und wobei die Dauer des Ausströmens der Gase durch sehr kleine Löcher mit sehr dünnen Wänden bestimmt wird. De Negro hat seinem Apparate den Namen Pneumodensimeter gegeben; derselbe wirkt automatisch, ist leicht zu behandeln, sehr genau in seinen Resultaten und kann selbst für den kleinen Vorrath von 20^{cc} Gas gebraucht werden. Beim Bunsen'schen Apparate besteht die am schwierigsten auszuführende Operation darin, die Dauer des Ausströmens genau zu bestimmen, während beim Pneumodensimeter diese Arbeit mittelst Electricität ausgeführt wird. Wird nämlich das Instrument so aufgestellt, wie es Figur 2 zeigt, wobei die mit Gas gefüllte Glocke in das Quecksilber eingetaucht ist, und sind die Leitungsdrähte in Ordnung, so hat der Experimentator nichts weiter zu thun, als den Hahn *r* zu drehen. Das Gas beginnt sogleich auszutreten und in wenigen Augenblicken kommt das Quecksilber nach *k*. In diesem Momente setzen sich die Zeiger am Zählwerk in Bewegung, weil der galvanische Strom, der durch den Leiter *ee'* zum Quecksilber kommt, durch dieses in den Draht *kk'* tritt und zur Batterie zurückgeht, dabei aber den Electromagnet *m* magnetisch macht, welcher, indem er den Hebel *p* herabzieht, die Zeiger frei macht. Gleichzeitig geht aber das Ausströmen des Gases weiter und das Quecksilber kommt nach einiger Zeit bei *h* an. Sogleich werden die Zeiger arretirt, da der Strom vom Quecksilber durch den Draht *hh'* geht und mittelst des Electromagneten *n* die Zeiger des Zählers feststellt.

Beobachtet man nun die Secunden und Zehntelsecunden, welche das Zählwerk angibt, so erhält man aus der Differenz zwischen dieser und der ersten Beobachtung unmittelbar die Ausströmungsdauer. Wiederholt man denselben Versuch mit der Luft, so bestimmt man mit der grössten Schnelligkeit und Genauigkeit die Zeiten, welche gleiche Volumina von Luft und einem gegebenen Gase unter den gleichen physikalischen Bedingungen zum Ausströmen nöthig haben; das Quadrat der Ausströmungsdauer des Gases durch das Quadrat der Ausströmungsdauer der Luft dividirt führt zum gesuchten specifischen Gewicht.

Figur 1 Tafel XI stellt den Bunsen'schen Apparat dar — *CC* ist die Glasglocke — *r* ein Glashahn — *ou* ein gläserner Aufsatz, der mit Smirgel bei *u* eingeschliffen ist — *o* ein dünner Platinstreifen,

der die Ausflussöffnung enthält — δ das äussere Niveau des Quecksilbers — γ eine auf der Glocke befindliche Marke — *bb* ein gläserner Schwimmer — β eine kleine Marke von schwarzem Glase, über der sich ein Knopf von weissem Glas befindet — β' und β'' Marken von schwarzem Glase.

Figur 2 ist das automatische Pneumodensimeter im Durchschnitt. — *abef* ist die holzerne Quecksilberwanne, die aus zwei Cylindern besteht, wovon der untere *lief* 24 Millimeter inneren Durchmesser und 30 Centimeter Höhe hatte. Der obere Cylinder *abcd* läuft in einen Trichter unter geringer Neigung nach unten aus, hat 11 Centimeter im Durchmesser und 5 – 6 Centimeter Höhe. — *j* ist eine mit dem Innern des oberen Cylinders communicirende Glasröhre, in der sich eine Elfenbeinspitze befindet, um die Höhe zu markiren, bis zu der das Quecksilberniveau gehen muss. — Der Hahn *z* dient dazu, das Quecksilber ausfliessen zu lassen, — *g* ist eine kleine galvanische Batterie — *e'*, *h'*, *k'* sind Klemmen zum Befestigen der Leitungsdrähte — *m* ist ein Electromagnet, welcher durch Anziehen des Hebels *p* die Zeiger des Zählwerkes frei macht, — *n* ist ein zweiter Electromagnet, welcher durch Anziehen des Hebels *q* das Zählwerk wieder arretirt. — *ee'* ist ein Platindraht, der die Verbindung zwischen dem Quecksilber im Gefässe und dem positiven Pole der Batterie vermittelt. — *kk'* und *hh'* sind Kupferdrähte, wovon der erstere zum Electromagnet *m* führt. Beide Drähte sind in concentrische Glasröhren eingeschlossen bis auf ihre Enden, die aus Platin bestehen. Der Draht *hh'* befindet sich in der inneren, kleineren Röhre und der Draht *kk'* im Zwischenraum zwischen beiden Röhren. — *CC'* ist die Glasglocke, deren innerer Durchmesser 16 Millimeter, deren Höhe 30,5 Centimeter ohne den Hahn und den engsten Theil beträgt und deren Dicke nahe 2 Millimeter beträgt — *xy* ist eine Abzugsröhre für das Gas mit einem Hahne.

Figur 3 ist ein weiteres Pneumodensimeter — *s* ist eine Fassung von Eisen oder platinirtem Messing, die auf das obere Ende der Röhre aufgekittet ist. *v* ist ein conisches Ventil mit Leder überzogen, das den Hahn ersetzt, und unter welchem sich bei *X* die Platinlamelle mit der Ausströmungsöffnung befindet.

Figur 4 stellt ein automatisches Pneumodensimeter für Leuchtgas dar. — *CC'* ist die Glasglocke — *s* eine Metallfassung, *r* der Hahn, *o*

die Platinlamelle, *xy* die Abzugsröhre für das Gas mit Hahn, *c* ein hunderttheiliges Thermometer.

Wasser-Aspirator von Bleckrod.

(Hiezu Tafel XI Figur 6.)

Herr Bleckrod hat in „Les Mondes“ vom 29. März einen permanent functionirenden Wasseraspirator beschrieben, dessen Einrichtung so einfach ist, dass man ihn mit den im Laboratorium beständig vorhandenen Materialien leicht zusammensetzen kann.

Es sei *A* (Figur 6 Tafel XI) ein Gefäss voll Wasser, *B* eine cylindrische Glasröhre (von 35 Millim. Durchmesser und 25—30 Cent. Höhe), die durch zwei Pfropfen geschlossen ist; Kautschuckstöpsel eignen sich hiezu am besten, da es sich um hermetischen Verschluss handelt. Durch den unteren Pfropfen gehen zwei Glasröhren *p* und *q* hindurch, wovon die erstere einen kleineren Durchmesser als die zweite, nämlich etwa 6 Millimeter hat, oben in eine Spitze ausgezogen ist und in das Gefäss mit Wasser bis auf den Boden hinabreicht. Die Röhre *q* hat eine Länge von wenigstens einem Meter, die man leicht mit Kautschuckschläuchen herstellen kann, und geht in ein Gefäss *D* hinab, das den Zweck hat das ausgeflossene Wasser aufzusammeln.

Der obere Kautschuckpfropf trägt eine Röhre *s*, die mittelst eines Kautschuskschlauches zu dem Gefässe führt, welches die Flüssigkeit enthält, durch die das Gas hindurchstreichen soll. An dem Kautschuckschlauch befindet sich ein Quetschhahn mit Schrauben, dessen Construction aus der unteren Figur ersichtlich ist. Er besteht aus zwei Metallstreifen *mm* und *nn*, die durch eine Feder *gg* von einander getrennt gehalten werden und mittelst der Schrauben bei *mm* gegen einander verstellt werden können; *k* stellt einen Querschnitt des Schlauches dar. Dieser Quetschhahn ist erforderlich, um den Gang des Apparates zu reguliren.

Wir wollen nun annehmen, der Quetschhahn sei geschlossen, so dass *B* nicht mehr mit dem Gefässe *C* in Verbindung steht. Saugt man dann Luft aus *B*, so wirkt der Luftdruck auf das Wasser bei *A* und es steigt durch das Rohr *p* nach *B* hinauf und zwar mit Gewalt, weil die Luft verdünnt ist. Man sieht leicht, dass die beiden Röhren zusammen wie ein Heber wirken und das Wasser im Gefässe

A fortfährt durch die Röhre *q* auszufliessen. Stellt man jetzt die Verbindung zwischen *B* und *C* mittelst des Quetschhahnes wieder her, so wird die in *C* enthaltene Luft die verdünnte Luft in *B* ersetzen und der Apparat wirkt als Aspirator. Mittelst der Schraube des Quetschhahnes regulirt man die durch *C* gehende Luftmenge, so dass die Luft in *B* immer mehr oder weniger verdünnt bleibt, was man aus der Höhe des Wasserstrahles beurtheilen kann. So lange also *p* unter Wasser taucht, wird die Luft beständig durchgesaugt; man muss zu diesem Behufe *A* mit der Wasserleitung des Laboratoriums in Verbindung setzen oder von Zeit zu Zeit das in *D* angesammelte Wasser wieder in das obere Gefäss *A* giessen. Man hat also, damit der Apparat beständig wirke, nicht nöthig die einzelnen Theile auseinander zu nehmen, wie dies bei den gewöhnlichen Aspiratoren der Fall ist.

Es ist bemerkenswerth, dass der nach *B* kommende Wasserstrahl sehr gut dazu dienen kann, die wahre Constitution eines in Luft austretenden Flüssigkeitsstrahles deutlich zu machen, da die zuerst von Savart wahrgenommenen Knoten und Bäuche hier sehr deutlich mit freiem Auge gesehen werden. Mit dem beschriebenen Apparate konnte man fünf Bäuche zählen, sodann löste sich der Strahl in Tropfen auf, die um seine Axe Spirallinien beschrieben. Die Form der Oeffnung ist nicht ohne Einfluss; ist diese in die Quere gezogen, so sieht man die Erscheinung am besten.

Ruhmkorff's transportable constante Batterie.

(Hiezu Taf. XII. Fig. 4.)

Herr Ruhmkorff hat nach den Angaben von Duchenne eine transportable constante Batterie für medicinische Zwecke construirt, welche auf Tafel XII Fig. 4 dargestellt ist. Der Apparat ist in einem Kasten *AA'* eingeschlossen und enthält 42 Zinkkohlenelemente in einer Lösung von schwefelsaurem Quecksilberoxyd; dieselben sind in sechs Reihen, je sieben nebeneinander aufgestellt. Die Zinke *z* und die Kohlen *c* eines jeden Elementes sind an der Hartgummiplatte *C* befestigt und können so mittelst eines eigenen Mechanismus gehoben und gesenkt werden. Das Uebrige sind Einrichtungen für medicinische Zwecke, die wir übergehen können; wir wollen nur noch be-

merken, dass Duchenne anstatt des schwefelsauren Quecksilberoxydes auch eine schwache Lösung von schwefelsaurem Eisenoxydul zur Füllung der Elemente angewendet hat. („Les Mondes“ 5. Mai 1870.)

Ein Riesenrefractor.

Die Herren Cook und Söhne zu York, Verfertiger astronomischer Instrumente, haben den grössten Refractor vollendet, der bisher ausgeführt worden ist. Das Rohr hat 32 Fuss Länge, in der Mitte einen Durchmesser von 3 Fuss 6 Zoll; das Objectiv hat einen Durchmesser von 25 Zollen. Der metallene Pfeiler, auf dem das Instrument steht, hat 20 Fuss Höhe und an der Basis etwa 6 Fuss im Durchmesser. Am oberen Ende des Pfeilers ist ein Uhrwerk angebracht, dessen Gewichte in den innern hohlen Theil desselben hineingehen. Das Fernrohr wurde vor 5 Jahren von Newal, einem Fabrikanten submariner Kabel, zu Gateshead bestellt, wo es gegenwärtig aufgestellt wird. Herr Newal beabsichtigt übrigens zu Madera ein Observatorium zu gründen und das Instrument dorthin verbringen zu lassen.

Das Wolpert'sche Procenthygrometer

ist vom Erfinder vorzugsweise dazu bestimmt, um in Schulen, Krankenzimmern und bewohnten Räumen überhaupt, namentlich wo man sich der Luftheizung bedient, sicher und leicht beurtheilen zu können, ob die Feuchtigkeit der Luft eine normale, oder ob die Luft zu trocken oder zu feucht ist. Das Hygrometer zeigt direct die relative Luftfeuchtigkeit in Procenten der bei der jeweiligen Temperatur möglichen Maximalfeuchtigkeit an. In vollkommen trockener Luft würde das Hygrometer 0 zeigen, in vollkommen feuchter Luft dagegen 100.

Hat die Zimmerluft 50 bis 60 Procente der Maximalfeuchtigkeit, so ist sie am angenehmsten und für die Gesundheit am zuträglichsten; hat sie mehr als 60 Procent Feuchtigkeit, so ist sie zu feucht und man ist veranlasst, durch stärkere Ventilation und Heizung die Luft trockener zu machen; zeigt dagegen das Hygrometer weniger als 40 Procent an, so ist die Luft zu trocken und man muss dann durch

Wasserverdampfung oder durch Verminderung der Ventilation, so weit dieses zulässig, die Luft feuchter zu machen suchen.

Ausserdem dient dieses Hygrometer zu meteorologischen Beobachtungen, zur Erkennung des Einflusses der Luftfeuchtigkeit auf die Wirkung von Electrisirmaschinen, unter gewissen Umständen auch zur ziemlich sichern Vorausbestimmung der Witterung, wenn es im Freien gegen Sonne und Regen geschützt angebracht ist. Fast immer ist Regen zu erwarten, wenn das Hygrometer im Freien sehr feucht zeigt, dagegen nicht, wenn es normal oder trocken zeigt.

Am zuverlässigsten sind solche Beobachtungen Morgens und Abends. Gewöhnlich zeigt das Hygrometer in der Nacht bedeutend grössere Feuchtigkeit an als bei Tage; der hygroscopische Faden bewegt sich also gewöhnlich Abends gegen 100 hin und Morgens in umgekehrter Richtung. Wenn aber bei Regenwetter das Hygrometer am Abende, z. B. um 8 Uhr trockener zeigt als um 7 Uhr, so kann man mit ziemlicher Sicherheit für den andern Tag bessere Witterung erwarten. Zeigt es ferner an einem freundlichen Morgen, z. B. um 8 Uhr feuchter als um 7 Uhr, so wird gewöhnlich im Laufe des Tages Regenwetter eintreten.

Für manche Zwecke ist es von Wichtigkeit, die absolute Feuchtigkeit im Freien oder in einem geschlossenen Raume zu kennen. Diese erfährt man leicht aus gleichzeitigen Thermometer- und Hygrometerbeobachtungen mit Hülfe der nachstehenden Tabelle durch einfache Berechnung.

Aus der Tabelle ersieht man z. B., dass bei 20° C. die Maximalfeuchtigkeit der Luft 17,23 Gramme in 1 Kubikmeter Luft ist. Zeigt nun das Thermometer 20° C und das Hygrometer 40 Proc., so enthält ein Kubikmeter Luft $17{,}23 \times \frac{40}{100} = 6{,}892$ Gramme Wasser.

Tabelle der Feuchtigkeits-Capacitäten der Luft.

Grade nach Celsius	Maximal-feuchtigkeit in 1 Cubikm. Gramme	Grade nach Celsius	Maximal-feuchtigkeit in 1 Cubikm. Gramme	Bemerkungen
— 10	2,30	+ 13	11,31	Bedient man sich des Thermometers nach Réaumur, so hat man zu beachten, dass 1° R. = $^5/_4$° C. oder 4° R. = 5° C. sind. Man hat also die Ablesung nach Réaumur durch Multiplication mit $^5/_4$ auf Celsiusgrade zu reduciren, bevor man die entsprechende Maximalfeuchtigkeit in der Tabelle aufsucht.
— 9	2,50	14	12,04	
— 8	2,70	15	12,81	
— 7	2,90	16	13,59	
— 6	3,12	17	14,43	
— 5	3,36	18	15,14	
— 4	3,60	19	16,26	
— 3	3,90	20	17,23	
— 2	4,20	21	18,26	
— 1	4,50	22	19,37	
0	4,89	23	20,50	
+ 1	5,23	24	21,59	
2	5,59	25	22,95	
3	5,98	26	24,27	
4	6,38	27	25,69	
5	6,81	28	27,10	
6	7,27	29	28,63	
7	7,77	30	30,23	
8	8,27	31	31,91	
9	8,82	32	33,66	
10	9,38	33	35,51	
11	9,99	34	37,43	
12	10,62	35	39,51	

Das Verfahren zur Anfertigung meines Procenthygrometers habe ich nur der physikalischen Anstalt des Herrn Professor Carl in München mitgetheilt, weshalb auch nur von dort genau nach meinen Angaben gefertigte Procenthygrometer bezogen werden können.

Kaiserslautern im Januar 1870.

gez. **Dr. Wolpert.**

Ueber das Passagen-Prisma.

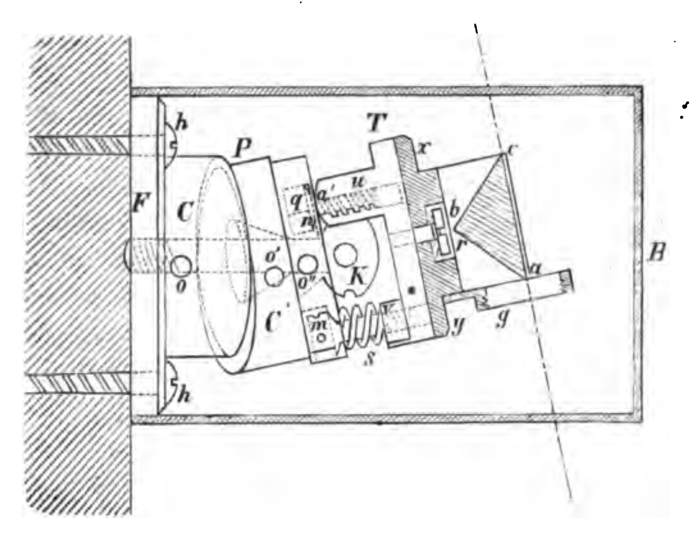
Von J. Riefler.

(Astronomische Nachrichten Nr. 1805.)

Die Prüfung eines nach neuem Principe ausgeführten Zeitmessers veranlasste mich vor einiger Zeit zur Construirung eines Passage-Prismas.



Zur Erzielung grösstmöglichster Stabilität des Stativs — ich vermisse diese an anderen Instrumenten dieser Art — schien mir vorzüglich geeignet: die Anwendung des Princips der schiefen Ebene, wie solches beim Jähns'schen Messtische sich ausspricht. Im Weiteren suchte ich auch eine Idee Lalande's zu verwerthen, wonach die Auffindung des Meridians in höchst einfacher, weitere Hülfsmittel ausschliessende Weise bewirkt werden kann.



Obige Figur zeigt eine Ansicht des Passage-Prisma von der Seite. *C* und *C'* sind die beiden Theile eines schief zur Axe durchschnittenen Metallcylinders von rundem Querschnitte, auf deren einem eine Metallplatte *P* gelagert ist. Die Bremsschraube *K* presst diese drei Stücke fest aneinander, beziehungsweise an die Fussplatte *F*, welche durch die Holzschrauben *h* an die, zur Aufstellung des Instruments bestimmte Fläche befestigt wird. Auf der Platte *P* ruht nun zunächst eine Art dreibeiniger Tisch *T*, der durch die beiden, in die Platte *P* versenkten Schrauben *q* an zwei seiner Beine *u* festgehalten wird. Eine ebenfalls in die Platte *P* versenkte Mikrometerschraube *m*, welcher die Spirale *s* entgegenwirkt, ragt in das dritte, zum Theil verkürzte Bein *v* des Tisches; durch sie wird eine kleine Senkung oder Hebung des ganzen Tisches um eine durch die Fusspuncte *a* bestimmte Axe bewirkt. Zwei, unter den Köpfen der Schrauben *q* liegende Federn *n* ermöglichen diese geringe Bewegung. Mit der plangeschliffenen Tischplatte *T* ist durch die Schraube *r*, drehbar um deren Hals, der Pris-

menträger $x\,y$ verbunden, in dessen Lagern zwei seitwärts angeschraubte und mit schmalen Querleisten versehene Plättchen das Prisma festhalten. In der Figur sehen wir die Einrichtung zur Anbringung eines kleinen Fernrohrs vor das Prisma getroffen; der mit Gewinde versehene Ring g ist bestimmt dasselbe aufzunehmen. B endlich ist eine Blechkapsel, die das Ganze, im Freien aufgestellt, vor den verderblichen Einflüssen der Witterung schützt. Das, die Einrichtung des Passage-Prismas. Ich werde nun noch zeigen, wie man zu verfahren hat, um das Instrument, mit Anwendung der Lalande'schen Methode in den Meridian zu stellen.

Bekanntlich geht eine Gerade vom Polarsterne nach dem Sterne ε im grossen Bären nahezu durch den Pol. Stehen daher beide Sterne in einer Vertikalen, so sind dieselben auch nahezu im Meridian. Genau war dies der Fall im Juli 1751, seit welcher Zeit die Meridianpassage von ε Ursae majoris immer etwas früher erfolgt als jene des Polarsterns und zwar so, dass die Voreilung desselben im Jahre 1755 7,6 Secunden betrug, während sie jetzt auf nahezu 17,5 Secunden gestiegen ist und die Differenz der mittl. AR beider Sterne am 1. Januar 1870, $22^m 58^s 9$ war.

Lalande schlug nun vor, diesen Umstand zu benutzen, um mit Hülfe zweier Lothe den Meridian zu bestimmen. Bei Weitem schärfer als es durch Lothe möglich wird, kann dies mit unserem Prisma in folgender Weise geschehen:

Man befestigt das Instrument an einer Wand oder Säule, welche freie Aussicht nach dem nördlichen und wenn möglich, auch nach dem südlichen Himmel gestattet, um auch Sonnendurchgänge beobachten zu können. Durch entsprechende Drehung der schiefgeschnittenen Cylinder, nachdem vorerst die Bremsschraube geöffnet ist, sucht man nun die Reflexionsebene des Prismas annähernd in die Meridianrichtung zu bringen, die man sich durch eine zur Mittagszeit gezogenen Schattenlinie oder durch eine Compassnadel ungefähr herstellt. Zur genauen Vertikalstellung des Prismas bringt man ein Loth vor dasselbe und bewirkt diese selbst durch schwache Bewegung der Cylinder, wozu in die Oeffnungen o, o' Stahlstifte eingesetzt werden. Hierbei wird man gleichzeitig trachten, die beiden Fusspuncte a in eine Verticale zu bringen, was wiederum durch Drehung der Platte P, mittelst in o' und o'' eingesetzter Stifte geschieht. Von der lothrechten Lage der Fusspuncte, sowie der Reflexionsebene des Prismas

überzeugt man sich durch zwei in gleichen Abständen von der Reflexionsebene aufgehängte Lothe, deren eines mit dem Bilde des andern bei jedem Stande der Mikrometerschraube parallel sein, beziehungsweise dasselbe decken muss.

Soweit wird das Instrument bei Tag vorbereitet. Des Nachts, wenn die beiden Sterne: Polarstern und εUrsae majoris nahezu in einer Verticalen sich befinden, verfolgt man die Bewegung des einen mit dem Prisma, durch vorsichtige Drehung der Mikrometerschraube, indem man Bild und Object beständig in Coincidenz zu erhalten sucht, bis zum Momente, wo gleichzeitig diese Coincidenz auch beim andern Sterne eintritt. Im selben Momente liest man die Zeit an der Uhr ab und wartet nun so lange, bis der, aus der Voreilung sich bestimmende Zeitpunct der Meridianpassage des Polarsterns kommt, in welchem Augenblicke man Stern und Bild desselben im Prisma zur Deckung bringt.

Man kann hierbei die Zunahme der jährlichen Voreilung für die nächste Zukunft als gleichförmig und zu 0,12 Secunden ansetzen, wonach sich die Differenz der mittl. AR beider Sterne für das *n*te Jahr nach 1870 zu $22^m 58{,}9 + n \,.\, 17{,}5 + \frac{n \,.\, n+1}{2} \,.\, 0{,}12$ Secunden ergibt.

Zweckmässig wird man zu dieser Operation ein kleines Fernrohr anwenden, da bei nicht ganz klarem Himmel, namentlich für ein weniger geübtes Auge, das Bild des Polarsterns nicht sehr scharf erscheint. Für die Beobachtung von Sonnendurchgängen, wozu man das Prisma einfach nur durchzuschlagen braucht, ist das Fernrohr entbehrlich.

Schliesslich erwähne ich noch, dass für die Bestimmung der unvermeidlichen Fehler des Instruments hier dasselbe gilt, was in Nro. 558, Nr. 559 und Nro. 569 Bd. 24 der Astr. Nachr. im Allgemeinen über das Passage-Prisma gesagt ist. Wir finden dort die vollständige Theorie des Glas-Prismas.

Osnaghi. Ueber ein registrirendes Thermometer und Ombrometer.

(Oesterreichische meteorol. Zeitschrift.)

In Nro. 6 des V. Jahrganges der meteorolog. Zeitschrift[1]) beschreibt Hr. Prof. v. Lamont verschiedene Vorrichtungen behufs der

1) Repertorium Bd. VI. Heft I.

autographischen Aufzeichnung der Lufttemperatur und schliesst den Artikel mit dem Vorschlage, ein langes, an einem Ende zugeschmolzenes, wiederholt manometerförmig gebogenes Glasrohr mit Quecksilber zu füllen und die Volumveränderung des Quecksilbers durch Anbringung irgend eines Schwimmers auf einen Hebel zu übertragen, der dann die statthabende Temperatur zu markiren hätte.

Im Anschluss an obigen Vorschlag und mit Bezug auf die Notiz der k. k. Marine-Academie in Fiume in Betreff der Anschaffung von registrirenden meteorologischen Apparaten (Zeitschrift für Meteorologie Nro. 8, V. Jahrgang, Seite 191) erlaube ich mir die Bemerkung, dass ich selbst seit September 1865 ein ganz ähnliches, auf demselben Principe beruhendes Thermographen-Instrument benütze, um damit am Barometerautographen die statthabende (Zimmer-) Temperatur zu registriren.

Vielleicht ist es von einigem Interesse, wenn ich hier die Construction meines Instrumentes näher beschreibe und meine Erfahrungen über dasselbe mittheile.

Der thermometrische Apparat besteht aus einem einseitig zugeschmolzenen Glasrohre von durchgängig $2^1/_2$ W.-Linien lichter Weite und 54″ Länge; dasselbe ist 6mal hin und her gebogen, jeder Schenkel hat 8″ Höhe und steht circa 1″ vom nächsten ab. Das Quecksilber erfüllt das ganze Rohr bis in die Mitte des letzten, sechsten und aufsteigenden Schenkels, der oben ganz offen ist. Das Quecksilber im Rohre wurde sorgfältig ausgekocht, um es luftfrei zu erhalten, da die Angaben eines lufthaltigen Instrumentes auch vom Luftdrucke afficirt werden könnten. Am Quecksilber im offenen Schenkel befindet sich ein eiserner Schwimmer, welcher mittelst eines feinen gegliederten Kupferdrathes sehr nahe am Drehpuncte eines zweiarmigen Hebels so befestiget ist, dass eine, wenn auch sehr kleine, Bewegung des Schwimmers doch schon und zwar bedeutend vergrössert (1 : 15) am Ende des Hebelarmes merkbar wird; dem Sinken des Schwimmers entspricht ein Sinken des schreibenden Hebelendes und umgekehrt. Am Ende desselben befindet sich eine Hülse zur Aufnahme des schreibenden Stiftes, welcher seine Position alle 5 Minuten am fortrückenden Papiere, vom Uhrwerke angedrückt, markirt. Der Hebel trägt nun am anderen Arme ein so adjustirtes Gegengewicht, dass es so lange wirksam ist, als der Kupferdrath zwischen Schwimmer und Hebel noch nicht vollkommen ausgespannt ist; sinkt jedoch das Quecksilber

unter dem Schwimmer, so zieht dieser sein Hebelende nieder und das Gegengewicht in die Höhe, bis er wieder am Quecksilber aufruht. (Selbstverständlich kömmt in der Wirklichkeit der Fall des Sinkens des Quecksilbers unter dem Schwimmer nicht in der Weise vor, dass eine Lücke entstünde, in welche der Schwimmer hinein fallen sollte.)

Die Grösse der Bewegung des Stiftes für eine Temperatur-Veränderung von 1° R. ergibt sich aus folgender Betrachtung: den Ausdehnungscoëfficienten des Quecksilbers für 1° R. gleich 0.00022523 gesetzt, erhält man bei der Länge des Quecksilberfadens von 50″ eine Verlängerung desselben um 0.011262″, welche, 15mal vergrössert, den Schreibstift um 0·16893″ = 2·03 W.-Linien für 1° R. hebt.

Da der von mir construirte Apparat dazu dienen sollte, die Temperatur am Barometer zu markiren, und an der Barometertafel (System Kreil) nicht der nöthige verticale Raum für die fortlaufende Aufzeichnung höherer und tieferer Temperaturen vorhanden ist, so musste ich den Drehpunct des Hebels selbst verstellbar einrichten und von Zeit zu Zeit eine neue Einstellung desselben vornehmen, um den Schreibhebel immer so ziemlich horizontal zu erhalten.

Nach allen bis jetzt gemachten Erfahrungen bewährt sich diese autographische Methode rücksichtlich ihrer Empfindlichkeit und Genauigkeit vollkommen, da der Stift auch bei sehr geringfügiger Erwärmung der Zimmerluft schon sehr merkbare Erhöhungen in der Curve markirt; es genügt zum Beispiele im Winter das Eintreten und kurze Verweilen im ungeheizten Beobachtungslocale zum Behufe der Ablesung der meteorologischen Instrumente, um am Thermographen ein deutliches Steigen des Stiftes zu bewirken, während das zwischen den Biegungen des Rohres hängende Thermometer noch keine Anzeigen macht, ein Umstand, der sogar als Controle für das Beobachtungspersonale zu verwerthen ist, da sich die Zeit, wann die regelmässigen Beobachtungen gemacht wurden, ganz ohne ihr Zuthun autographirt. Die Genauigkeit des Instrumentes erhellt am deutlichsten aus dem Umstande, dass die gleiche Höhe der Puncte am Papiere auch wirklich derselben Temperatur entspricht, was durch zahlreiche Vergleiche festgestellt wurde.

Auf den Umstand jedoch ist es nöthig aufmerksam zu machen, dass bei Anwendung eines Fadens statt des Kupferdrahtes zur Verbindung des Schwimmers mit dem Hebel sich ein störender Einfluss der Luftfeuchtigkeit geltend macht, der die Aufzeichnungen bis zu

$1^1/_2{}^0$ unrichtig ausfallen lässt, wenn während des Beobachtungsintervalles eine bedeutende Feuchtigkeitsänderung stattfand. Bei Anwendung eines feinen gegliederten Drathes ist jedoch keine Störung in dieser Hinsicht zu befürchten.

Zum Schlusse will ich noch erwähnen, dass die hier beschriebene Einrichtung es auch gestattet, das Instrument als Psychrometer zu construiren, wozu nur nöthig wäre, das Glasrohr mit einer leinenen Hülle zu umgeben, welche aus einer ober demselben liegenden Rinne mit Tropfvorrichtungen über jedem Schenkelpaare continuirlich feucht zu erhalten wäre. Ich hoffe noch im Laufe des heurigen Sommers ein derartiges autographisches Thermo- und Psychrometer aufstellen zu können und behalte mir daher vor, später nähere Mittheilungen über die Resultate zu machen.

Mit Rücksicht auf den in Alinea 4 der obenerwähnten Notiz der k. k. Marine-Academie im Hefte Nro. 8, Jahrg. V. der Zeitschrift für Meteorologie, Seite 192, erwähnten Regenmesser mit autographischer Aufzeichnung hebe ich für jetzt blos hervor, dass er nach dem Principe der variablen Druckhöhen construirt ist und das Regenwasser sich in einem Zinkrohre von 145 Millimeter Durchmesser und 600 Millim. Höhe ansammelt. (Diese Dimensionen wurden gewählt, um auch die manchmal sehr ausgiebigen Regen darin auffangen zu können.) Der cubische Inhalt dieses Gefässes ist also 9·912 Liter = 41·53 Linien Regen auf 1 P. □ Fuss. Das obere Ende des Rohres trägt jedoch einen Aufsatz von 184 Mm. Durchmesser und 100 Mm. Höhe, was einem Inhalt von 2·6591 Litern = 11.14 Linien Regen auf den Par. Quadratfuss entspricht, also ist die totale Capacität 52.67 Linien Regen, was wohl ausreichend sein dürfte auch für unsere manchmal sehr ergiebigen Herbstregen. Das untere Ende des Rohres ist verengt, so dass ganz schwache Regen sich im Gefässe zu einer etwas grösseren Höhe ansammeln müssen und daher auch anfangs energischer auf den gleich zu erwähnenden Zeichenstift einwirken.

Am unteren Ende befinden sich mehrere Oeffnungen und Hähne, als: 1. eine centrale Oeffnung bestimmt ein heberförmig gebogenes Glasrohr aufzunehmen, in welchem sich Quecksilber befindet, und zwar bei leerem Gefässe in beiden Schenkeln gleich hoch; auf dem Quecksilber im freien Schenkel befindet sich ein eiserner Schwimmer, der in ähnlicher Weise mit einem Schreibhebel in Verbindung gesetzt werden kann, wie dies beim Thermographen beschrieben wurde;

2. ein eingetheiltes Glasrohr von der Länge des cylindrischen Auffangsgefässes sammt Aufsatz, ähnlich einem Wasserstandsrohre, an welchem man direct die gefallene Regenmenge ablesen kann. 3. Ein Ausflusshahn, um die im Gefässe enthaltene Flüssigkeit in die Maassröhre ausfliessen zu lassen und 4. ein kleiner Fülltrichter mit Hahn, um bei anhaltend trockenem Wetter das zurückbleibende Wasser immer auf einem constanten Niveau halten zu können, damit bei eventuellem Eintritt von Regen sich nicht eine kleine Regenmenge der Beobachtung entziehe.

Wenn man vorläufig blos den cylindrischen Theil des Auffanggefässes von 600 Millimeter Höhe in Betracht zieht, so ergibt sich für 1 Linie Regen eine Wassersäule im Rohr von 14·45 Millim. Höhe, welche einer Quecksilbersäule von 1·062 Millim. Höhe das Gleichgewicht halten wird; da nun das Quecksilberrohr heberförmig gekrümmt ist, so beträgt die reine Steigbewegung des Quecksilbers für 1 Linie Regen 0.531 Millim. Eine 4 bis 5malige Vergrösserung dieser Bewegung halte ich für ausreichend, da dann am Papiere nahezu 1 Linie Höhendifferenz der markirten Puncte auch 1 Linie Regen entsprechen dürfte, und man mit einem Cylinder oder einer Schreibtafel von 5 Zoll Höhe vollkommen ausreicht, um auch die grössten Regenmengen zu markiren.

Die Werthbestimmung der verzeichneten Puncte muss mittelst einer durch den Versuch zu bestimmenden Scale geschehen, welche man leicht durch Ausmessen des Auffanggefässes mit Hilfe der üblichen Regen-Maassröhren und Markirung der vom steigenden Stifte gezeichneten Positionen herstellen kann.

Auch dieses Instrument soll baldigst in Thätigkeit versetzt werden und werde ich nach gemachten practischen Erfahrungen Weiteres hierüber berichten.

---

v. Waltenhofen. Ueber electromagnetische Tragkraft.

(Wiener Acad. Anzeiger 1870, Nro. XIII.)

Bei den bisherigen Untersuchungen über die Tragkraft hufeisenförmiger Electromagnete fand man die Tragkräfte bald in demselben Verhältnisse wie die Stromstärken, bald in einem rascheren, bald wieder in einem langsameren Verhältnisse wachsen.

Man hat diese scheinbar widersprechenden Resultate später mit den seither bekannt gewordenen Gesetzen der magnetischen Sättigung in Einklang zu bringen gesucht, indem man angenommen hat, dass ein Zurückbleiben der Tragkräfte erst bei Stromstärken eintrete, welche die Grenzen der Giltigkeit des Lenz-Jacobi'schen Gesetzes schon bedeutend überschreiten, dass jedoch innerhalb dieser Grenzen eine raschere Zunahme der Tragkräfte im Vergleiche mit den Stromstärken stattfinde.

Um diese nicht weiter bewiesene Annahme durch directe Versuche zu prüfen, hat der Verfasser Tragkraftsbestimmungen in der Art angestellt, dass zwei gleich lange und gleich dicke und mit ganz gleichen Spiralen versehene Eisenstäbe, deren einer einen hufeisenförmig gebogenen, der andere aber einen geraden Electromagnet bildete, gleichzeitig durch denselben Strom magnetisirt wurden, wodurch die Möglichkeit erzielt war, für jede Stromstärke die Tragkraft des hufeisenförmig gebogenen und das gleichzeitige magnetische Moment des geraden Stabes zu messen.

Mit den angewendeten Stromstärken wurde so weit gegangen, bis der gerade Electromagnet die Hälfte des seinem Gewichte entsprechenden magnetischen Maximums erreicht hatte, bis zu welcher Grenze, wie der Verfasser bereits durch frühere Untersuchungen nachgewiesen, das Lenz-Jacobi'sche Gesetz in der Regel zutrifft.

In der That blieben innerhalb des ganzen Umfanges dieser Versuche die magnetischen Momente des geraden Electromagneten den Stromstärken proportional. Dagegen blieben die Tragkräfte schon bei viel geringeren Stromstärken hinter denselben zurück und näherten sich einem Maximum, welches, wie aus den Versuchen hervorgeht, die bei der halben Sättigung des geraden Electromagneten am hufeisenförmigen beobachtete Tragkraft nicht viel übersteigen kann. Eine raschere Zunahme der Tragkraft im Vergleiche mit der Stromstärke wurde nur bei den geringsten Magnetisirungen, bei welchen der angewendete Apparat überhaupt noch eine Messung der Tragkraft gestattete, beobachtet. Hierauf folgte eine nahezu proportionale Zunahme, welche jedoch — bei Versuchen mit verschiedenen Ankern — in keinem Falle bis zur Hälfte des Tragkraftsmaximums andauerte.

Bei einer Versuchsreihe wurde ein dem untersuchten Electromagneten vollkommen gleicher und durch denselben Strom erregter Electromagnet als Anker angewendet. Die beobachteten Tragkräfte

fielen dabei zwar durchwegs grösser aus, als bei den nicht electromagnetisirten Ankern von gleichem oder auch grösserem Gewichte, scheinen aber gegen dasselbe Maximum zu convergiren.

Alle Versuche führen übereinstimmend zu dem Resultate, dass das Zurückbleiben der Tragkräfte schon bei Stromstärken eintritt, für welche das Lenz-Jacobi'sche Gesetz noch volle Geltung hat, — dass dagegen ein Voreilen der Tragkräfte ungefähr auf das Bereich jener verhältnissmässig sehr geringen Stromstärken beschränkt ist, für welche die bei beginnender Magnetisirung auftretende raschere Zunahme des freien Magnetismus stattfindet.

Auch bezüglich der Rückwirkung des Ankers auf die magnetische Erregung des geschlossenen Hufeisens hat der Verfasser aus seinen Versuchen Folgerungen abgeleitet, welche, indem sie die ungleich raschere Zunahme der Sättigung im geschlossenen Hufeisen darthun, eine ganz befriedigende Erklärung der angeführten Thatsachen an die Hand geben.

Schliesslich bespricht der Verfasser noch die von Müller aufgestellte Formel für die Tragkraft und deren Verhältniss zu dessen Formel für den freien Electromagnetismus eines Eisenstabes.

Berichtigungen

zu der Abhandlung des Herrn Dr. E. **Gerland**: Ueber das portable Electrometer von **Thomson** im I. Hefte des Repertoriums:

S. 14 Z. 1 v. o. lies Kohlrausch'sche statt Kohlrauch'sche.

S. 14 Z. 11 v. u. lies Platte nennen statt Platte.

S. 14 Z. 2 v. u. lies Dellmann statt Dollmann.

S. 17 Z. 7 v. o. lies 0,6 statt 1,2.

S. 17 Z. 15 v. o. lies 1,5 statt 6,5.

S. 17 Z. 11 v. u. lies nahezu st. hierzu.

S. 18 Z. 1 v. o. lies $\pm \varrho$ statt $\pm \varphi$.

S. 18 Z. 16 v. u. l. +0,0029 st. ÷ 0,0049.

S. 20 Z. 13 v. o. l. 0,98287 st. 0,97766.

S. 21 Z. 5. v. o. lies Ausglühen statt Ausgleichen.

S. 22 Z. 3 v. u. Oberfläche etc. zu erreichen statt Oberfläche etc.

In den Mittheilungen des Herrn Prof. **Mach** auf Seite 4 des ersten Heftes ist zu lesen **Hajek** statt **Hujek**.

Ueber einen auf die Wärme anwendbaren mechanischen Satz.

Von
R. Clausius.

(Vom Herrn Verfasser freundlichst eingesandt.)

In einer im Jahre 1862 erschienenen Abhandlung über die mechanische Wärmetheorie[1]) habe ich einen Satz aufgestellt, welcher in seiner einfachsten Form lautet: die wirksame Kraft der Wärme ist proportional der absoluten Temperatur. Aus diesem Satze, in Verbindung mit dem Satze von der Aequivalenz von Wärme und Arbeit, habe ich im weiteren Verlaufe jener Abhandlung verschiedene Schlüsse über das Verhalten der Körper zur Wärme abgeleitet. Da der Satz von der Aequivalenz von Wärme und Arbeit sich auf einen einfachen mechanischen Satz, nämlich den Satz von der Aequivalenz von lebendiger Kraft und mechanischer Arbeit, zurückführen lässt, so war ich im Voraus davon überzeugt, dass es auch einen mechanischen Satz geben müsse, in welchem der Satz über das Wachsen der wirksamen Kraft der Wärme mit der Temperatur seine Erklärung findet. Diesen Satz glaube ich im Folgenden mittheilen zu können.

Es sei irgend ein System materieller Puncte gegeben, welche sich in einer stationären Bewegung befinden. Unter stationärer Bewegung verstehe ich eine solche, bei der die Puncte sich nicht immer weiter von ihrer ursprünglichen Lage entfernen, und die Geschwindigkeiten sich nicht fort und fort in gleichem Sinne ändern, sondern bei der die Puncte sich innerhalb eines begrenzten Raumes bewegen, und die Geschwindigkeiten nur innerhalb gewisser Grenzen schwanken. Es

1) Poggendorff's Annalen Bd. 116 S. 73; Abhandlungen über die mechanische Wärmetheorie Bd. I S. 242.

gehören dahin alle periodischen Bewegungen, wie die Bewegungen der Planeten um die Sonne und die Schwingungen elastischer Körper; ferner solche unregelmässigen Bewegungen, wie man sie den Atomen und Molecülen eines Körpers zuschreibt, um seine Wärme zu erklären.

Seien nun m, m', m'' etc. die gegebenen materiellen Puncte, x, y, z; x', y', z'; x'', y'', z'' etc. ihre rechtwinkligen Coordinaten zur Zeit t, und endlich X, Y, Z; X', Y', Z'; X'', Y'', Z'' etc. die nach den Coordinatenrichtungen genommenen Componenten der auf sie wirkenden Kräfte. Dann bilden wir zunächst die Summe:

$$\Sigma \frac{m}{2}\left[\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2\right],$$

wofür wir, wenn v, v', v'' etc. die Geschwindigkeiten der Puncte sind, auch kürzer

$$\Sigma \frac{m}{2} v^2$$

schreiben können, welche Summe unter dem Namen der lebendigen Kraft des Systems bekannt ist. Ferner wollen wir folgenden Ausdruck bilden:

$$-\tfrac{1}{2}\,\Sigma\,(Xx + Yy + Zz).$$

Die durch diesen Ausdruck dargestellte Grösse hängt, wie man sieht, wesentlich von den in dem Systeme wirkenden Kräften ab, und würde, wenn bei gegebenen Coordinaten alle Kräfte sich in gleichem Verhältnisse änderten, den Kräften proportional sein. Wir wollen daher den Mittelwerth, welchen diese Grösse während der stationären Bewegung des Systems hat, nach dem lateinischen Worte vis, die Kraft, das Virial des Systems nennen.

In Bezug auf diese beiden Grössen lässt sich nun folgender Satz aufstellen:

> Die mittlere lebendige Kraft des Systems ist gleich seinem Virial.

Wenn wir den Mittelwerth einer Grösse von ihrem veränderlichen Werthe dadurch unterscheiden, dass wir über die Formel, welche die veränderliche Grösse darstellt, einen wagerechten Strich machen, so können wir unseren Satz durch folgende Gleichung ausdrücken:

$$\Sigma \frac{m}{2} \overline{v^2} = -\tfrac{1}{2}\,\Sigma\,\overline{(Xx + Yy + Zz)}.$$

Was den Werth des Virials anbetrifft, so gestaltet er sich in den wichtigsten in der Natur vorkommenden Fällen sehr einfach.

Es möge z. B. angenommen werden, die Kräfte, welche die Massenpuncte erleiden, seien Anziehungen oder Abstossungen, welche sie selbst auf einander ausüben, und welche nach irgend einem Gesetze von der Entfernung abhängen. Bezeichnen wir dann die gegenseitige Kraft zwischen zwei Massenpuncten m und m', welche sich in der Entfernung r von einander befinden, mit $\varphi(r)$, wobei eine Anziehung als positive und eine Abstossung als negative Kraft gelten soll, so haben wir für diese gegenseitige Einwirkung:

$$Xx + X'x' = \varphi(r)\frac{x'-x}{r}x + \varphi(r)\frac{x-x'}{r}x'$$
$$= -\varphi(r)\frac{(x'-x)^2}{r}$$

und da sich auch für die beiden anderen Coordinaten entsprechende Gleichungen bilden lassen, so folgt:

$$-\tfrac{1}{2}(Xx + Yy + Zz + X'x' + Y'y' + Z'z') = \tfrac{1}{2}\, r\, \varphi(r).$$

Indem wir dieses Resultat auf das ganze System von Puncten ausdehnen, kommt:

$$-\tfrac{1}{2}\Sigma(Xx + Yy + Zz) = \tfrac{1}{2}\Sigma\, r\, \varphi(r),$$

wobei das Summenzeichen auf der rechten Seite sich auf alle Combinationen der gegebenen Massenpuncte zu je zweien bezieht. Daraus ergibt sich für das Virial der Ausdruck:

$$\tfrac{1}{2}\Sigma\overline{r\,\varphi(r)}.$$

Man erkennt sofort die Analogie zwischen diesem Ausdrucke un demjenigen, welcher zur Bestimmung der bei der Bewegung gethanen Arbeit dient. Führt man die Function $\Phi(r)$ ein mit der Bedeutung:

$$\Phi(r) = \int \varphi(r)\, dr,$$

so hat man die bekannte Gleichung:

$$-\Sigma(Xdx + Ydy + Zdz) = d\,\Sigma\,\Phi(r).$$

Die Summe $\Sigma\,\Phi(r)$ ist diejenige, welche bei Anziehungen und Abstossungen, die nach dem umgekehrten Quadrate der Entfernung wirken, (abgesehen vom Vorzeichen) das Potential des Systems von Puncten auf sich selbst genannt wird. Da es zweckmässig ist, auch für den Fall, wo das Gesetz, nach welchem die Anziehungen und Ab-

stossungen von der Entfernung abhängen, ein beliebiges ist, oder, noch allgemeiner gesagt, für jeden Fall, wo die bei einer unendlich kleinen Bewegung des Systemes gethane Arbeit sich durch das Differential irgend einer nur von den Raumcoordinaten der Puncte abhängigen Grösse darstellen lässt, einen bequemen Namen zu haben[1]), so schlage ich vor, die Grösse, deren Differential den negativen Werth der Arbeit darstellt, nach dem griechischen Worte ἔϱγον, Werk, das Ergal des Systems zu nennen. Dann lässt sich der Satz von der Aequivalenz von lebendiger Kraft und Arbeit sehr einfach aussprechen, und um die Analogie zwischen diesem Satze und unserem oben aufgestellten Satze über das Virial recht deutlich erkennen zu lassen, will ich beide Sätze hier neben einander stellen:

1) Die Summe aus der lebendigen Kraft und dem Ergal ist constant.

2) Die mittlere lebendige Kraft ist gleich dem Virial.

Um unseren Satz auf die Wärme anzuwenden, betrachten wir einen Körper als ein System bewegter materieller Puncte. In Bezug auf die Kräfte, welche diese Puncte erleiden, haben wir einen Unterschied zu machen. Erstens üben die Bestandtheile des Körpers unter einander anziehende oder abstossende Kräfte aus, und zweitens können von Aussen her Kräfte auf den Körper wirken. Danach können wir auch das Virial in zwei Theile zerlegen, welche sich auf die inneren und äusseren Kräfte beziehen, und welche wir das innere und das äussere Virial nennen wollen.

Das innere Virial wird unter der Voraussetzung, dass die inneren Kräfte sich sämmtlich auf Centralkräfte zurückführen lassen, durch die Formel dargestellt, welche wir oben schon für ein System von Puncten, die anziehend oder abstossend auf einander wirken, angeführt haben. Dabei ist noch zu bemerken, dass bei einem Körper, in welchem unzählige Atome sich unregelmässig, aber im Wesentlichen unter gleichen Umständen bewegen, so dass alle möglichen Bewegungsphasen gleichzeitig vorkommen, es nicht nöthig ist, für jedes Atompaar den Mittelwerth von $r\varphi(r)$ zu nehmen, sondern die Werthe

---

1) Der Ausdruck Kraftfunction oder Kräftefunction (englisch force function) hat neben einiger Unbequemlichkeit den Uebelstand, dass er auch schon für eine andere Grösse angewandt wird, welche zu der hier betrachteten in ähnlicher Beziehung steht, wie die Potentialfunction zum Potential.



$r\varphi(r)$ so genommen werden können, wie sie in einem gewissen Momente bei der gerade stattfindenden Lage der Atome gelten, indem die daraus gebildete Summe ihren Gesammtwerth durch den Verlauf der einzelnen Bewegungen nicht merklich ändert. Das innere Virial hat somit den Ausdruck:

$$\tfrac{1}{2}\Sigma r\,\varphi(r).$$

Was die äusseren Kräfte anbetrifft, so ist am häufigsten der Fall zu betrachten, wo der Körper nur einen gleichförmigen, normal gegen die Oberfläche gerichteten Druck erleidet. Das hierauf bezügliche Virial lässt sich sehr einfach ausdrücken. Es wird nämlich, wenn p den Druck und v das Volumen des Körpers bedeutet, dargestellt durch

$$\tfrac{3}{2}p\,v.$$

Bezeichnen wir nun noch die lebendige Kraft der inneren Bewegungen, welche wir Wärme nennen, mit h, so können wir folgende Gleichung bilden:

$$h = \tfrac{1}{2}\Sigma r\,\varphi(r) + \tfrac{3}{2}p\,v.$$

Es bleibt nun noch übrig, den Beweis unseres über die Beziehung zwischen lebendiger Kraft und Virial aufgestellten Satzes zu führen, was sehr leicht geschehen kann.

Die Gleichungen der Bewegung eines materiellen Punctes sind:

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = X;\ m\frac{d^2y}{dt^2} = Y;\ m\frac{d^2z}{dt^2} = Z.$$

Nun hat man aber

$$\frac{d^2(x^2)}{dt^2} = 2\frac{d}{dt}\left(x\frac{dx}{dt}\right) = 2\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + 2\,x\frac{d^2x}{dt^2}$$

oder anders geordnet:

$$2\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = -2\,x\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{d^2(x^2)}{dt^2}.$$

Wenn man diese Gleichung mit $\frac{m}{4}$ multiplicirt und dann für $m\frac{d^2x}{dt^2}$ die Grösse X setzt, so kommt:

$$\frac{m}{2}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 = -\frac{1}{2}Xx + \frac{m}{4}\cdot\frac{d^2(x^2)}{dt^2}.$$

Die Glieder dieser Gleichung mögen nun nach der Zeit von o bis t integrirt und die Integrale durch t dividirt werden, wodurch man erhält:

$$\frac{m}{2t}\int_0^t \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 dt = -\frac{1}{2t}\int_0^t Xx\,dt + \frac{m}{4t}\left[\frac{d(x^2)}{dt} - \left(\frac{d(x^2)}{dt}\right)_0\right],$$

worin $\left(\frac{d(x^2)}{dt}\right)_0$ den Anfangswerth von $\frac{d(x^2)}{dt}$ bedeutet.

Die in dieser Gleichung vorkommenden Formeln

$$\frac{1}{t}\int_0^t \left(\frac{dx}{dt}\right)^2 dt \text{ und } \frac{1}{t}\int_0^t Xxdt$$

stellen bei geeigneter Wahl der Zeitdauer t die Mittelwerthe von $\left(\frac{dx}{dt}\right)^2$ und Xx dar, welche oben durch $\overline{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2}$ und $\overline{Xx}$ bezeichnet wurden. Als Zeitdauer t kann man bei einer periodischen Bewegung die Dauer einer Periode wählen; bei unregelmässigen Bewegungen aber (und, wenn man will, auch bei periodischen) hat man nur darauf zu achten, dass die Zeit t gegen diejenigen Zeiten, während welcher der Punct sich in Bezug auf irgend eine Coordinatenrichtung in gleichem Sinne bewegt, sehr gross ist, so dass im Verlaufe der Zeit t schon viele Wechsel der Bewegung stattgefunden haben und die obigen Ausdrücke der Mittelwerthe schon hinlänglich constant geworden sind.

Das letzte Glied der Gleichung, welches die eckige Klammer als Factor hat, wird bei einer periodischen Bewegung zu Ende jeder Periode gleich Null, indem $\frac{d(x^2)}{dt}$ zu Ende der Periode wieder den anfänglichen Werth $\left(\frac{d(x^2)}{dt}\right)_0$ annimmt. Bei einer Bewegung, die nicht periodisch, sondern unregelmässig variirend ist, wird die eckige Klammer nicht so regelmässig gleich Null, aber ihr Werth kann doch nicht fortwährend mit der Zeit wachsen, sondern nur innerhalb gewisser Grenzen schwanken, und der Divisor t, mit welchem das Glied behaftet ist, muss demnach bewirken, dass bei sehr grossen Werthen von t das Glied verschwindend klein wird. Lassen wir daher dieses Glied fort, so können wir schreiben:

$$\frac{m}{2}\overline{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2} = -\tfrac{1}{2}\,\overline{Xx}.$$

Da dieselbe Gleichung auch für die übrigen Coordinaten gilt, so kommt:

$$\frac{m}{2}\left[\overline{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2}\right] = -\tfrac{1}{2}\,\overline{(Xx + Yy + Zz)},$$

oder kürzer geschrieben:

$$\frac{m}{2}\overline{v^2} = -\tfrac{1}{2}\,\overline{(Xx + Yy + Zz)},$$

und für ein System von beliebig vielen Puncten ergibt sich ganz entsprechend:

$$\Sigma\frac{m}{2}\overline{v^2} = -\tfrac{1}{2}\,\Sigma\,\overline{(Xx + Yy + Zz)}.$$

Somit ist unser Satz bewiesen, und man sieht zugleich, dass er nicht blos für das ganze System von materiellen Puncten und für die drei Coordinatenrichtungen zusammen, sondern auch für jeden materiellen Punct und für jede Richtung besonders gültig ist.

Das Leuchten der Wasserhämmer.

Von
Prof. Lommel in Erlangen.

Es ist bekannt, dass Geissler'sche Röhren durch den Inductionsapparat auch dann zum Leuchten gebracht werden, wenn die Poldrähte nicht mit den Platinelectroden der Röhre in Berührung, sondern blos um die Enden der Röhre gewickelt oder noch besser mit daselbst angebrachten Stanniolbelegungen verbunden sind. Dabei ist der Schliessungskreis des Inductors durch die eingeschaltete nichtleitende Glasröhre unterbrochen, und die electrische Strömung in der Röhre kann nur herrühren von der durch die Poldrähte auf den leitenden Inhalt ausgeübten Influenz.

Jede mit einem Gas oder Dampf von geringer Spannkraft angefüllte rings geschlossene Glasröhre muss, in derselben Weise in den Inductionskreis eingeschaltet, das nämliche Verhalten zeigen. Wenn man die Kugel eines Thermometers mit dem einen, sein oberes Ende mit dem andern Poldraht des Inductors verbindet, so leuchtet der luftleere Theil der Röhre mit dem grünlichen Lichte des Quecksilberdampfes. Man kann durch dieses Verfahren leicht prüfen, ob das Thermometer wirklich luftleer ist. Denn wenn es noch eine Spur von Luft enthält, so leuchtet die Röhre im röthlichen Lichte des Stickstoffs.

Diese Wirkung tritt selbst dann noch ein, wenn das eigentliche Thermometerrohr in eine weitere Glasröhre eingeschmolzen ist. Die von den Pohldrähten ausgeübte Influenz wirkt mit Leichtigkeit auch durch diese zweite Glashülle hindurch. Solche Thermometer mit Glashülle (selbstverständlich ohne Scala) sind die einfachsten und wohlfeilsten Fluorescenzröhren. Versieht man die oben zugeschmolzene Glasumhüllung seitlich mit einem Ausguss, so kann man sie mit der auf Fluorescenz zu prüfenden Flüssigkeit füllen und diese von innen heraus durch electrisches Licht erleuchten. Dabei empfiehlt es sich,

im Innern des Thermometerrohrs absichtlich eine Spur von Luft zurückzulassen, weil das Licht des Stickstoffs an Fluorescenz erregenden Strahlen reicher ist als dasjenige des Quecksilberdampfes.

Dieselben Wirkungen werden eben so gut auch durch die Holtz'sche Influenzmaschine hervorgebracht, wenn man ihre Conductoren durch Drähte mit den Enden der zu prüfenden Röhre in Verbindung setzt.

Ich versuchte nun, ob auch sogenannte „Wasserhämmer", d. h. Glasröhren, welche mit Wasser oder einer anderen Flüssigkeit gefüllt, durch Auskochen luftleer gemacht und dann zugeschmolzen sind, welche also blos eine Flüssigkeit und deren Dampf enthalten, auf dieselbe Weise zum Leuchten gebracht werden können.

Der Inductionsapparat brachte keine Wirkung hervor, ohne Zweifel weil die von ihm gelieferte Electricität eine zu geringe Spannung besass.

Bei Anwendung der Influenzmaschine dagegen zeigte sich eine Lichterscheinung von unerwarteter Schönheit.

Die benutzten Wasserhämmer bestanden aus Röhren von 15 bis 23 cm Länge und 10 bis 15 mm lichter Weite; an einem Ende war eine Kugel von 3 bis 4 cm Durchmesser angeschmolzen, welche durch einen verengerten Hals mit der Röhre in Verbindung stand. Die Kugel und das geschlossene Röhrenende waren mit Stanniolbelegungen versehen und diese durch Drähte mit den Conductoren der Influenzmaschine verbunden.

Wird nun die Maschine in Thätigkeit gesetzt und man entfernt ihre Electroden so weit, dass ein prasselnder Funkenstrom zwischen ihnen übergeht, so durchzuckt der horizontal gehaltene Wasserhammer in dem von Wasser freien Raum eine Art Wetterleuchten, ähnlich den breiten Flächenblitzen unserer Gewitter.

Entfernt man die Electroden noch weiter, so springen nur noch nach Pausen stärkere Funken zwischen ihnen über; das Wetterleuchten im Wasserhammer dauert auch jetzt noch fort, ausserdem aber durchfährt die Röhre jedesmal im Momente der Entladung zwischen den Electroden ein prachtvoller scharf linienförmiger Lichtblitz.

Diese starke electrische Entladung im Innern der rings geschlossenen, blos eine Flüssigkeit und deren Dampf enthaltenden Glasröhre lässt sich, wie mir scheint, in folgender Weise leicht erklären. Sind die Electroden der Maschine geöffnet, so können ihre beiden Electricitäten durch die Drähte zu den Stanniolbelegungen des Wasser-

hammers übergehen; jede Belegung wirkt vertheilend und bindend durch die Glaswand auf den leitenden Inhalt der Röhre. Auf der Stanniolbelegung A, welche mit dem positiven Conductor der Maschine in Verbindung steht, häuft sich positive Electricität an, indem sie eine entsprechende Menge negativer Electricität im Innern bindet und ihrerseits von dieser gebunden wird: die gleichnamige positive Electricität im Innern der Röhre dagegen wird nach dem Ende B hin abgestossen. Ebenso treibt die Belegung B, welche vom negativen Conductor aus geladen wird, im Innern negative Electricität nach der Belegung A und bindet selbst sich gegenüber eine entsprechende Menge positiver Electricität. Durch diese ununterbrochene Strömung positiver Electricität von A nach B, negativer von B nach A, wird das „Wetterleuchten" hervorgebracht.

Haben aber nach einiger Zeit die auf den Stanniolbelegungen angehäuften entgegengesetzten Electricitäten eine hinlängliche Spannung erreicht, um die Luftstrecke zwischen den Electroden der Maschine zu durchbrechen, so springt hier mit lebhaftem Knalle ein Funke über; gleichzeitig aber werden im Innern der Röhre die den Stanniolbelegungen gegenüber gefundenen Electricitäten frei und vereinigen sich mit einander durch einen hellen Blitz. Bei dieser blitzähnlichen Entladung geht, wie sich aus der obigen Auseinandersetzung ergibt, die positive Electricität von B nach A, also entgegengesetzt jener Strömung, welche das Wetterleuchten bewirkt. Die Electricitätsbewegung in der Röhre ist demnach eine alternirende; in der einen Richtung geht ein continuirlicher Ladungsstrom, dann erfolgt in entgegengesetzter Richtung eine momentane Entladung durch einen bis zu 23 cm langen Funken.

Der Wasserhammer wirkt hienach in ganz ähnlicher Weise wie die Verstärkungsröhre oder wie die beiden Leidener Flaschen, welche man mit den Conductoren der Influenzmaschine zu verbinden pflegt, um verstärkte Funken zu erzielen. Die Belegungen an den Enden des Wasserhammers entsprechen den innern Belegungen der beiden Leidener Flaschen, sein Inhalt aber den äusseren Belegungen nebst ihrer leitenden Verbindung. Die durch diese Verbindung erfolgende abwechselnde Ladung und Entladung der äusseren Belege kann natürlich, so lange die Verbindung ununterbrochen metallisch (etwa ein Stanniolstreifen) ist, nicht gesehen werden; sie wird aber sichtbar, wenn man auf eine Glasplatte Eisenfeile siebt und die beiden Flaschen auf

diese mit zahlreichen Unterbrechungen versehene leitende Unterlage stellt. Alsdann sieht man, während die Flaschen sich laden, zahlreiche Fünkchen zwischen den Eisenpartikelchen übergehen, und im Momente der Entladung zwischen den Electroden fährt ein lebhafter Blitz an der Eisenfeile entlang von einem Aussenbeleg zum andern.

Die angewendeten Hämmer enthielten theils destillirtes Wasser, theils Wasser mit einem geringen Zusatz von Weingeist, theils gewöhnlichen Weingeist. In den mit destillirtem Wasser gefüllten erschienen die Blitze schön purpurroth und zeigten im Spectroscop die drei Wasserstofflinien nebst der Natriumlinie. Wegen der Schmalheit der Blitze kann das Spectrum derselben auch ohne Anwendung eines Spaltes durch ein Prisma, welches man mit der brechenden Kante der Längsrichtung der Blitze parallel in der Hand hält, vollkommen scharf gesehen werden.

Die Funken hatten demnach durch Zersetzung des Wasserdampfes Wasserstoffgas entwickelt; nachdem etwa 500 Blitze durch den Wasserhammer sich entladen, verrieth sich die Anwesenheit eines Gases auch dadurch, dass der Hammer nicht mehr klopfte. Das Wasser in den gebrauchten Wasserhämmern reagirte deutlich alkalisch, während es sich in den noch ungebrauchten aus demselben Glase und mit derselben Füllung verfertigten vollkommen neutral verhielt. Es deutet dieses Verhalten darauf hin, dass auch das Glas durch die Entladungen chemisch angegriffen wurde und Natron in Lösung ging; daher auch die Natriumlinie im Spectrum des Funkens.

Bei den Hämmern, welche Wasser mit Weingeist oder durchaus Weingeist enthielten, war der Blitz prachtvoll hellgrün. Sein Spectrum zeigte zwei rothe, eine gelbgrüne, eine sehr helle grüne, eine blaue und eine violette Linie. Die grüne ist die hellste, dann folgt der Lichtstärke nach die gelbgrüne, dann die blaue; die beiden rothen und die violette Linie sind weniger intensiv. Die helleren derselben erscheinen übrigens mehr als Streifen, welche nur an der dem rothen Ende des Spectrums zugewendeten Seite scharf begrenzt sind, und gegen das brechbarere Ende hin sich allmählig abschattiren. Mit einem Steinheil'schen Spectroscop untersucht, zeigte sich der gelbgrüne Streifen bei dem Theilstrich 62 der Scala (die Linie D bei 50 angenommen), der hellgrüne bei 78, der blaue 126. Die übrigen Linien welche bei unmittelbarer Betrachtung durch ein in der Hand gehaltenes Prisma sehr deutlich hervortraten, erschienen im Spectroscop

der Enge des Spaltes wegen zu lichtschwach, um eine Messung zuzulassen. Ueberhaupt war die Bestimmung der Lage der Linien wegen ihres nur momentanen Aufblitzens sehr schwierig, und die oben angegebenen Zahlen können daher keinen Anspruch auf absolute Genauigkeit machen.

Dieses Spectrum, mit anderen bekannten verglichen, zeigte eine auffallende Uebereinstimmung mit demjenigen des grünlichen Theils der Flamme des Bunsen'schen Brenners. Diesem fehlen nur die rothen Linien, die übrigen Streifen haben dasselbe Aussehen und dieselbe Lage wie die oben beschriebenen. Wenn das Spectrum des grünlichen Kegels der Bunsen'schen Flamme wirklich einem Kohlenwasserstoff angehört, so hätten wir zu schliessen, dass in der Röhre durch Zersetzung des Weingeistes ein Kohlenwasserstoff gebildet worden sei. Jedenfalls verrieth sich, nachdem eine hinreichende Anzahl von Blitzen durch die Röhre gefahren war, die Anwesenheit eines Gases dadurch, dass der Hammer nicht mehr klopfte. Die eudiometrische Analyse des gasigen Inhaltes, welche bis jetzt aus Mangel an hinreichendem Material noch nicht vorgenommen werden konnte, wird ohne Zweifel Aufklärung geben über die Natur des Gases, welchem das obige Spectrum zuzuschreiben ist. — Ob die eine der rothen Linien etwa mit der C-Linie des Wasserstoffs übereinstimme, konnte vorläufig nicht constatirt werden; jedenfalls war die blaugrüne F-Linie nicht vorhanden.

Der flüssige Inhalt der mit Weingeist gefüllten Hämmer reagirte merklich sauer; es hatten sich also wahrscheinlich, unter Mitwirkung des Natrons des Glases, organische Säuren oder saure Salze derselben gebildet. Es zeigte sich ferner mit Chromsäure und Aether eine deutliche Reaction auf Wasserstoffhyperoxyd. Die Bildung von Wasserstoffhyperoxyd in den mit destillirtem Wasser gefüllten Röhren ist wohl durch die alkalische Beschaffenheit ihres Inhaltes verhindert worden.

Die genauere Feststellung dieser chemischen Vorgänge und der dabei entstandenen Producte muss ebenfalls einer eingehenderen Untersuchung vorbehalten bleiben.

Zum Schlusse dieser vorläufigen Notiz sei noch hingewiesen auf die von Kundt beobachteten Spectra der Blitze. Kundt konnte zwei Arten von Blitzspectren unterscheiden: Bandenspectren, bestehend aus einer grossen Anzahl ziemlich schwacher, breiter und

gleichmässig nahe aneinander liegender Bänder; und Linienspectren, bestehend aus einer Anzahl scharf markirter heller Linien. In den Linienspectren traten hervor: eine, zuweilen zwei Linien im äussersten Roth, einige sehr helle Linien im Grün und einige etwas weniger helle im Blau. Die Bandenspectren entsprachen dem röthlich-violetten Lichte der Flächenblitze, die Linienspectren dem stets mehr oder weniger weissen Lichte der Zickzackblitze.

Die Aehnlichkeit des zweiten von Kundt beobachteten Blitzspectrum mit demjenigen der weingeisthaltigen Wasserhämmer ist unverkennbar. Wir können daher hoffen, durch die Blitze der Wasserhämmer Aufklärung darüber zu erhalten, welchem Bestandtheil der Atmosphäre das Spectrum der Gewitterblitze zuzuschreiben ist.

Ueber einen Apparat mit beweglichem Conductor zur Beobachtung der Luft-Electricität.

Von

L. Palmieri.

(Oesterreichische Meteoroligische Zeitschrift.)

Hiezu Tafel XV.

Mit Hilfe des Apparates mit beweglichem Conductor ist man im Stande, Beobachtungen der Luft-Electricität anzustellen, welche unter einander vergleichbar und von den Fehlern frei sind, welche durch den Electricitätsverlust durch die Luft und die Stützen hervorgerufen werden.

Das Bifilar-Elektrometer.

In Fig. 2. ist *bb* ein kleiner Becher oder eine cylindrische Höhlung aus vergoldetem Kupfer, 27—28^{mm} im Durchmesser und 3—4^{mm} tief. An der Säule *a*, welche diesen Becher trägt, sind die beiden Arme *fg*, *f'g'* befestigt, welche etwas über den oberen Rand des Bechers hervorragen. Im Innern des Bechers befindet sich eine sehr leichte kreisförmige Scheibe *c* aus Aluminium oder Silber, 25 bis 26 Millimeter im Durchmesser. Von der Mitte dieser Scheibe geht ein Stiel aus, durch welchen ein sehr feiner Aluminium-Draht *mn* hindurch geht, und welcher in einem Häkchen endigt. Die kleine Kreisscheibe *c* wird mittelst eines Coconfadens schwebend erhalten, welcher von dem obern Ende des Glasrohres *qr* (Fig. 1.) ausgehend, durch das Häkchen hindurchgeht und wieder nach *q* zurückkehrt. Auf diese Art ist die Scheibe an zwei Stücken eines Coconfadens aufgehängt, welche in ihrem unteren Theile um die Dicke des Häkchens, d. i. um weniger als einen Millimeter und in ihrem obern Theile um 3 bis 4 Millimeter von einander entfernt sind. Man muss sich die Fig. 2. in das Innere des Glascylinders *AA* (Fig. 1.) versetzt denken; die Säule *a* der Fig. 2. durchdringt die Basis des

Cylinders *AA* und ist mit einem horizontalen Kupferdraht in Verbindung, welcher in einer viel weitern mit einem schlecht leitenden Kitt ausgefüllten und aussen mit Gummilack überzogenen Glasröhre steckt: dieser Draht endet in der Klemme *k*.

Etwa 5—6 Millimeter unterhalb der Arme der Nadel befindet sich in dem Cylinder *AA* (Fig. 1.) eine Kreistheilung *pp*, deren Durchmesser etwas geringer ist, als die Länge der Nadel, so dass die Spitzen der letzteren, welche umgebogen und den verticalen Strichen der Kreistheilung parallel sind, von dieser ungefähr 4 Millimeter weit abstehen. Auf einer zweiten Kreistheilung *tt* bewegt sich ein kleines Fernrohr, welches mit einem Mikrometerfaden versehen ist, um die Fehler der Parallaxe zu vermeiden. In dem Cylinder *AA* befindet sich ferner ein kleines Glasgefäss, in welches man Chlorcalcium geben kann. Man kann dieses kleine Glas nach Belieben hineinbringen oder wegnehmen; hiezu dient die Platte *v*, welche sich mittelst eines Schiebers bewegt. Das Glasrohr *qr* soll ungefähr 3 Decimeter lang sein. In dem oberen Theile desselben befindet sich eine Art Mikrometer, mittelst dessen man die Nadel nöthigen kann, sich in einem beliebigen Azimut einzustellen. Man kann dieses Mikrometer heben oder senken, man kann auch die obere Distanz der Fäden verändern, während die Entfernung derselben an ihrem unteren Ende eine constante ist, nämlich der Dicke des Häkchens der Kreisscheibe *c* entspricht.

Die Länge der Nadel beträgt 11—12 Centimeter. Wenn man dieselbe in geringer Entfernung von den beiden Armen *fg*, *f'g'*, welche sich auf entgegengesetzten Seiten der Nadel befinden, zur Ruhe und die Klemme *k* mit irgend einer Electricitäts-Quelle in Verbindung gebracht hat, so werden der Becher *bb* und die Arme *fg*, *f'g'* direct und die Nadel durch Induction electrisirt sein; dieselbe wird daher ihre bisherige Lage verlassen und einen mehr oder weniger grossen Bogen beschreiben. Aus den Untersuchungen von Gauss, welcher die Bifilar-Suspension bei Beobachtungen über Erdmagnetismus anwandte, geht hervor, dass das Instrument um so empfindlicher sein wird, je länger die beiden Fäden sind, je geringer die Entfernung derselben oben und unten und je leichter der bewegliche Theil des Apparates ist. So lange die eben angeführten Verhältnisse sich nicht ändern, bleibt auch die Empfindlichkeit des Apparates dieselbe. Da die Nadel blos durch Induction electrisirt werden soll, so ist es nicht nöthig, dieselbe mit dem fixen Systeme in Verbindung zu

bringen und es gibt also keinen von der Reibung[1]) herrührenden Widerstand.

Damit man mit diesem Instrumente die electrischen Spannungen messen könne, muss man das Verhältniss zwischen den Spannungen und den Ablenkungs-Winkeln kennen. Ich unterscheide vor allem, für jede dem Apparate gegebene electrische Ladung, den ersten Bogen, den die Nadel beschreibt, und welchen ich den impulsiven nennen will, von dem letzten oder definitiven, bei welchem die Nadel zur Ruhe gelangt. Ausserdem habe ich mich mit Hilfe zweier gleicher und gut isolirter Metallkugeln und mittelst einer Methode, welche der von Volta angewendeten nahezu ähnlich war, überzeugt, dass die impulsiven Bogen den electrischen Spannungen, wenigstens bis zu 60^0, proportional sind. Von dieser Thatsache ausgehend, hat unser ausgezeichneter Mathematiker Herr Battaglini gefunden, dass zwischen den impulsiven und den definitiven Bogen eine Relation bestehen muss, welche durch die Formel

$$\frac{\alpha(\beta-\alpha)}{\beta} = \text{tang.}\,\frac{1}{2}\,\alpha$$

gegeben ist. In dieser Formel bedeutet β den impulsiven und α den definitiven Bogen. Da man die Formel mittelst des Versuches prüfen kann, so hat man einen neuen Beweis für die Proportionalität zwischen den electrischen Kräften und den von der Nadel beschriebenen Bogen. Wenn man nach der Formel Battaglini's eine Tafel construirt, welche für jeden impulsiven Bogen den entsprechenden definitiven gibt, so erleichtert man die Prüfung der Formel und man findet, dass die definitiven Bogen nahezu die Hälfte der impulsiven sind oder mit andern Worten, dass nahezu die Relation $\alpha = \frac{\beta}{2}$ stattfindet.

Wenn man die impulsiven Bogen beobachtet, hat man nur einen sehr geringen Electricitäts-Verlust, denn die Spannung wird in demselben Momente gemessen, in dem sie erzeugt wird, und früher noch ehe die Zerstreuung der Electricität irgendwie fühlbar wird; indessen erhält man doch bei feuchter Witterung nicht jenen impulsiven Bogen, den man finden sollte, und wenn man den Electricitäts-Verlust nicht zu berechnen verstände, würde man niemals genaue Messungen erlangen. Allein die zwischen den impulsiven und den definitiven Bogen

1) Genauer wohl von der Adhäsion.

gefundene Beziehung setzt uns in den Stand, den Electricitäts-Verlust zu berechnen. Wenn die Nadel, nachdem man den impulsiven Bogen abgelesen hat, sich bei dem definitiven durch die obige Formel gegebenen Bogen einstellt, dann ist es klar, dass kein Electricitäts-Verlust stattgefunden hat. Wenn aber der beobachtete oder effective Bogen um n Grade kleiner ist als der berechnete, so bedeutet dies, dass die Nadel während ihrer Schwingungen die Spannung n verloren hat. Nehmen wir an, dass die Schwingung der Nadel, bevor diese zur Ruhe gelangte, durch t Secunden gewährt habe und der impulsive Bogen durch die Nadel in der Zeit von $\frac{t}{2}$ Secunden beschrieben worden sei, so wird sich der Electricitäts-Verlust durch $\frac{n}{2}$ ausdrücken lassen. Wenn es sich um geringe Spannungen handelt, kann man sich complicirtere Rechnungen ersparen. Die Nadel durchläuft verschiedene impulsive Bogen fast genau in derselben Zeit, denn sie bewegt sich mit einer Geschwindigkeit, welche dem impulsiven Bogen proportional ist und sie bleibt nach 3—4 Schwingungen stehen. Auch kann man, wenn man ein wenig Uebung erlangt hat, den definitiven Bogen angeben, bevor noch die Schwingungen zu Ende sind. Bei sehr feuchter Witterung nähert sich die Nadel nach einigen Schwingungen mehr oder weniger schnell dem Nullpuncte, allein für gewöhnlich dauert es längere Zeit, ehe der definitive Bogen um 1 Grad abnimmt und man kann mittelst des Versuches das Verhältniss zwischen der Zeit und dem Electricitäts-Verlust feststellen.

Die Relation zwischen den impulsiven und definitiven Bogen, von welcher so eben die Rede war, ergibt sich vollständig bei augenblicklichen Ladungen. Wenn aber eine Reihe successiver Ladungen in den Apparat gebracht wird, so findet man, dass der definitive Bogen grösser ist als jener, den die Formel gibt; dies ereignet sich z. B., wenn man die Klemme k des Electrometers mit einem der Pole einer trockenen (Bohnenberger'schen) Säule verbindet. In diesem Falle kann man aus der Grösse des definitiven Bogens erkennen, welche die Grösse des impulsiven Bogens gewesen wäre, wenn alle diese kleinen Ladungen zur selben Zeit in den Apparat gelangt wären. In dem Falle, wenn sich viel Feuchtigkeit an den Wänden des Electrometers niedergeschlagen hat, wenn dieses nämlich einer sehr feuchten und wärmeren Luft ausgesetzt war, wird die Nadel sich nicht bewegen

oder bald auf den Nullpunct zurückkehren; man muss alsdann den Apparat erwärmen, indem man denselben mit einer eigens construirten Heizvorrichtung umgibt oder aber indem man das ganze Zimmer heizt.

Um die Beobachtungen vergleichbar zu machen, müssen dieselben auf absolutes Maass zurückgeführt werden, indem man die electrischen Spannungen auf eine fixe und unveränderliche Einheit bezieht. Ich habe eine Säule von 30 Elementen aus viereckigen 5 Centimeter im Quadrat messenden Kupfer- und Zinkplatten zusammengesetzt; jedes Element ist isolirt und taucht in ein Glasgefäss, welches mit destillirtem Wasser gefüllt, gut gefirnisst ist und auf einer isolirenden Unterlage steht. Wenn man einen der Pole dieser Säule mit der Klemme *k* des Electrometers und den andern mit dem Boden in Verbindung bringt, so behält die Nadel durch ziemlich viele Tage eine constante Ablenkung, vorausgesetzt, dass die umgebende Luft nicht sehr feucht ist. Um sicherer zu sein, sorge ich dafür, dass die Temperatur des Zimmers zwischen 16 und 20 Grad sei, und dass das daselbst befindliche Psychrometer einen Unterschied der beiden Thermometer von 4 bis 5 Graden anzeigt. Setzen wir nun den Fall, dass der constante definitive Bogen bei dem einen Electrometer 6°, bei einem andern 8° sei, so ist es klar, dass die 6° des ersten gleichbedeutend sind mit den 8° des zweiten. Jedes Electrometer muss also mit der Normal-Säule verglichen werden, um vergleichbare Resultate zu geben.

Apparat mit beweglichem Conductor zur Beobachtung der atmosphärischen Electricität.

HH (Fig. 4) ist der Plafond eines kleinen Gemaches oder eines kleinen Thurmes in freier Lage, d. h. nicht von Bäumen oder benachbarten Gebäuden überragt; *mn* ist eine Holz- oder besser noch eine Marmorplatte, welche an einer der Wände des Zimmers befestigt ist; *pp* eine ungefähr 2 Meter ober dem Fussboden des Zimmers liegende Platform, auf welche der Beobachter mittelst einer kleinen Treppe gelangt; die Platte *mn* befindet sich 1·60 Meter über dem Gerüste *pp* und 0·85 Meter unter dem Plafond.

Der Plafond *HH* des Zimmers hat eine Oeffnung mit vorspringendem conischen oder pyramidenförmigen Rande, welcher nicht aus Metall sein darf, sondern entweder aus Thon (Porzellan), Holz oder Glas bestehen soll.

aa ist der **beweglicho Conductor**, nämlich ein Messingrohr ungefähr 2 Meter lang und 15ᵐᵐ im Durchmesser, welches nach oben in einer dünnen Messingscheibe von 26 Centimeter Durchmesser endigt und einen Deckel *r* trägt, welcher, wenn der Conductor sich in der Ruhelage befindet, das Loch *vv* schliesst. Der Conductor *aa* endigt unten in einen kleinen Glasstab, an welchem eine Rolle befestigt ist; der Glasstab ist seinerseits an einem prismatischen 1·85 Meter langen Holzstabe befestigt, welcher durch die Hülse *f* hindurchgeht.

Eine Schnur *ii* dient dazu, den Conductor *aa*, der mittels einer gabelförmigen Führung immer seine verticale Lage behält, zu heben und zu senken.

Auf der Platte *mn* sieht man das Bifilar-Electrometer *A* und ein Bohnenberger'sches Electroscop *B* abgebildet. Das Galvanometer und alle andern Apparate, deren man sich bedienen möchte, werden auf dieselbe Platte gestellt.

Ein ungefähr einen Meter langer Kupferdraht geht von einer durch zwei Messingplättchen gebildeten Klemme aus, welche den Conductor umfasst und an einem kleinen mit Gummilack gut gefirnissten Glasstabe befestigt ist. Dieser Draht wird entweder mit dem Electrometer *A* oder mit dem Electroscope *B* in Verbindung gebracht.

Wenn man den Conductor rasch emporhebt, wird derselbe durch Induction electrisirt und die der Electricität der Atmosphäre homologe erscheint an dem Electrometer, mittelst dessen man die Spannung bestimmt. Hierauf setzt man den Conductor mit dem Electroscope in Verbindung und bestimmt dadurch die Natur (Qualität) der Electricität.

Der Spielraum der Bewegung des Conductors beträgt 1½ Meter. Wenn man somit überall auf dieselbe Weise verfährt und das Electrometer mit der Normal-Batterie verglichen ist, so hat man vergleichbare Messungen; denn die Vergleichung der impulsiven Bogen mit den definitiven lässt den Electricitäts-Verlust erkennen, wenn ein solcher vorhanden ist und gibt die richtigen Spannungen, wie ich dies oben bei der Beschreibung des Electrometers auseinandergesetzt habe.

Die Scheibe, in welcher der Conductor *aa* endigt, kann entfernt werden, um an ihre Stelle Spitzen oder eine Flamme anzubringen und die Versuche von Volta, Beccaria und A. zu wiederholen.

Ich habe in früheren Abhandlungen, welche ich über den Gegenstand geschrieben habe, gezeigt, dass die fixen, in eine Spitze oder Flamme endigenden Conductoren keine vergleichbaren Resultate liefern

können, selbst wenn man ein ausgezeichnetes Electrometer benützt. Ebenso habe ich gezeigt, dass die Methode Peltier's, obgleich sie der Anwendung fixer Conductoren vorzuziehen ist, nicht geeignet ist, genaue Resultate zu liefern.

Obgleich ich selbst zuerst im Jahre 1850 die Methode, einen von bestimmter Höhe herabfallenden Wasserstrahl anzuwenden, vorgeschlagen habe, so sah ich doch bald, dass diese Methode alle Nachtheile der Anwendung eines fixen Conductor's mit sich führt und aus diesem Grunde konnte ich den Apparat von Thompson, den Viele als eine neue Erfindung betrachteten, nicht für gut finden.

Die Methode, einen fixen Conductor anzuwenden, kann in gewissen Fällen nützlich sein, nicht um Resultate der Messung zu erlangen, sondern um gewisse Erscheinungen, welche beim Niederfallen des Regens, des Hagels, des Schnees und insbesondere während der Gewitter auftreten, zu untersuchen. In diesen Fällen kann der Beobachter den Conductor in seiner oberen Lage festhalten, indem derselbe an die Stelle der Scheibe *b* oder im Mittelpuncte derselben ein kleines Bündel von Spitzen anbringt.

Wenn man einen solchen fixen Conductor anwendet, so geben die Spitzen stärkere Spannungen, indem das Maximum der Ladung nach 8 Minuten auftritt; wenn man aber mittelst des beweglichen Conductors beobachtet, so ist die Ladung beinahe eine momentane, indem man den Conductor in 2 Secunden emporhebt, und aus diesem Grunde zeigen sich die Spitzen unwirksam und könnten sogar die Beziehung zwischen den impulsiven und definitiven Bogen stören.

Jedesmal, wenn man nach dem impulsiven Bogen den entsprechenden definitiven beobachtet hat, ist es leicht den Electricitäts-Verlust zu berechnen und die unmittelbare Beobachtung zu corrigiren. In den übrigens immer seltenen Fällen, in denen die Nadel unbeweglich bleibt oder rasch gegen die Null-Lage zurückkehrt, ist es erforderlich das Electrometer und die Isolatoren zu erwärmen.

Der oben beschriebene Apparat functionnirt bereits an den Haupt-Observatorien in Italien.

Das Electrometer muss auf seiner Unterlage derart aufgestellt werden, dass der Nullpunct des graduirten Bogens sich dem Beobachter gegenüber befindet. Die Schrauben, mit welchen das Gestell des Apparates versehen ist, dienen dazu, dass die Scheibe sich concentrisch mit der cylindrischen Höhlung, in welcher dieselbe aufge-

hängt ist, einstelle. Die Nadel muss parallel zu den oben erwähnten Armen gestellt werden; dies wird dadurch bewirkt, dass man das Torsions-Mikrometer, welches sich an dem obern Ende der Röhre befindet, in drehende Bewegung setzt.

Wenn man das Electrometer transportiren will, so lässt man das Scheibchen bis auf den Grund der cylindrischen Höhlung herab; am Rande der letzteren befinden sich zwei Spalten, in welchen die Nadel unbeweglich liegen bleibt.

Ich habe oben erwähnt, dass man auf der Platte *mn* (Fig. 4) alle Apparate, deren sich der Beobachter zu seinen Untersuchungen bedienen will, anbringen kann. Unter Anderen könnte man daselbst ein Galvanometer mit langem doppelt isolirten Drahte anbringen; ein Ende des Drahtes wird in bleibende Berührung mit dem Erdboden gebracht, das andere mit dem in eine Spitze endigenden Conductor.

Die atmosphärische Electricität übt jedoch nur bei starkem Regen eine wahrnehmbare Wirkung aus; bei Gewittern, sie mögen an dem Beobachtungsorte selbst oder in einiger Entfernung davon stattfinden, verändern die starken Entladungen den Magnetismus der Nadeln und wirken ungünstig auf die Güte des Apparates. Ich habe deshalb eine andere Methode zur Untersuchung der atmosphärischen Electricität, wenn dieselbe in dynamischer Form auftritt, ausgedacht; bis zum gegenwärtigen Zeitpuncte habe ich jedoch dieselbe noch nicht erprobt.

Uebersicht der vorzüglichsten bis jetzt erlangten Resultate.

1. Ich bin im Stande gewesen die tägliche und die jährliche Periode besser zu bestimmen, als man dies bisher mittelst des fixen Conductors und des beweglichen Electrometers von Peltier zu thun vermochte;

2. Ich habe bewiesen, dass die atmosphärische Electricität, sowohl bei heiterem als bei bewölktem Himmel immer positiv ist, vorausgesetzt dass es bis zu einer gewissen Entfernung vom Beobachtungspuncte nicht regnet, oder schneit oder hagelt. Diese Entfernung ist nach der Intensität des Regens und nach andern Umständen veränderlich; nach meinen Beobachtungen beträgt das Maximum dieser Entfernung 50 bis 60 Kilometer. Man sieht also, auf welche Art es geschehen kann, dass man bei heiterem Himmel negative Electricität erhält. Wenn man negative Electricität bei bewölktem Himmel findet,



so darf man nicht glauben, dass dieselbe von negativ electrischen Wolken herrührt, sondern man kann sicher sein, dass es in einiger Entfernung regnet, schneit oder hagelt. Unter dem schönen Himmel von Neapel, in einer Höhe von 637 Metern ober dem Meere, nach 20jährigen Untersuchungen und Beobachtungen, in den letzten Jahren durch den electrischen Telegraphen unterstützt, kann ich das eben Gesagte vollkommen verbürgen. Ich kann weiter hinzufügen, dass häufig Wolken über das Observatorium am Vesuv hinziehen, dass sie dasselbe während ganzer Tage einhüllen, und dass alle in diesen Wolken angestellten Beobachtungen nur positive Electricität gegeben haben.

3. Die atmosphärische Electricität nimmt mit der relativen Feuchtigkeit zu und erreicht ihr Maximum beim Regen, Schnee oder Hagel, nicht allein wenn diese Erscheinungen am Beobachtungsorte selbst stattfinden, sondern selbst bei einer Entfernung von 80 Kilometern. Nur in diesem Falle kann man von isolirten und gut exponirten Conductoren Funken erhalten und nur in diesen Fällen wird die atmosphärische Electricität durch aufsteigende oder niedergehende Ströme angezeigt.

4. Die Wolken selbst haben im Allgemeinen nicht eine ihnen eigenthümliche electrische Spannung gegenüber dem Mittel, in dem sie sich befinden. Wenn man in den Wolken selbst oder in geringer Entfernung von denselben beobachtet, so erhält man nur dann starke Spannungen, wenn die Wolken im Begriffe sind, sich zu condensiren und in einer gewissen Entfernung vom Observatorium Regen zu bringen; allein niemals wird man leuchtende Entladungen beobachten, ohne dass wirklich Regen, Schnee oder Hagel, sei es an dem Beobachtungsorte selbst oder in einiger Entfernung davon, fällt. Man kann es daher als ausgemacht betrachten, dass es in den Fällen, wo Dalibard, Richmann, Beccaria und A. aus der Atmosphäre starke Funken erhielten, in einer gewissen Entfernung von dem Orte, wo sie sich befanden, regnete oder hagelte.

5. Das Gesetz, nach welchem die Electricität bei ruhigem Regen oder bei Gewittern auftritt, lässt sich in folgender Weise ausdrücken: Dort, wo es regnet, tritt eine starke Anhäufung positiver Electricität auf, welche von einer Zone oder Welle negativer Electricität umgeben ist, auf welche neuerdings eine Zone positiver Electricität folgt. Es ist unnöthig hinzuzufügen, dass an der Grenze zwischen einer Zone

und der nächstfolgenden die Spannung Null ist. Der Beobachter kann daher starke positive oder negative Spannungen, je nach seiner Stellung zu dem Regen, erhalten und da der Regen sich mit dem Winde fortbewegt, so wird der Beobachter eine Phase nach der andern wahrnehmen und kann dieselbe manchmal alle beobachten, wenn der Regen, der in einer entsprechenden Entfernung zu fallen beginnt, sich dem Beobachtungsorte nähert, daselbst niederfällt und sich hierauf wieder entfernt. Die Wolken sind somit nicht electrisirte Conductoren, allein sie werden zu einer Electricitätsquelle, während sie sich zu Wasser condensiren, und diese starke positive Spannung ruft in der Umgebung negative Electricität hervor; deshalb gibt es keine Wolken, welche eine ihnen eigenthümliche negative Electricität besässen. Wenn man manchmal während eines Regens, der am Beobachtungsorte selbst fällt, negative Electricität erhält, so muss man den Grund dieser Erscheinung in einem noch viel stärkeren Regen suchen, der in einiger Entfernung niederfällt. Man mag also bei heiterem oder bei bewölktem Himmel negative Electricität beobachten, so kann man sicher sein, dass es in einer gewissen Entfernung regnet, schneit oder hagelt.

6. Wenn die Wolken sich nicht zu Regen, Schnee oder Hagel verdichten, so wird man niemals so starke Spannungen erhalten, dass dieselben Funken liefern. Nur in dem genannten Falle kann es daher Blitze geben, welche in den vorhin angegebenen Zonen auftreten, und nothwendiger Weise einen reichlichen Regen- oder Hagelfall zur Voraussetzung haben. Ich habe nachgewiesen, dass die einzige Ausnahme von dieser Regel bei den kleinen Blitzen stattfindet, welche bei grossen Eruptionen den Rauch des Vesuv durchzucken; wobei die Bedingung ist, dass ein reichlicher Fall von vulkanischer Asche und von Steinen („lapilli“) stattfindet.

7. Wenn es eine Thatsache ist, dass eine Wolke, die sich in Regen oder Schnee auflöst, eine fortwährende Entwicklung von Electricität mit sich bringt, so wird Jedermann einsehen, woher es kommt, dass dieselbe Wolke mehrere Blitze liefert, und warum diese vom Frühjahr zum Herbste häufiger und im Winter seltener sind. Ich habe nachgewiesen, worin der Unterschied zwischen einem ruhigen Regen und einem Gewitter besteht, und habe angegeben, wie man während des Tages die entfernten Gewitter entdeckt. Wenn man die verschiedenen Phasen untersuchen will, welche die atmosphärische

Electricität darbietet während eines Niederschlages, der entweder am Beobachtungsorte oder in einiger Entfernung davon stattfindet, so ist es genügend, den Conductor in seiner obern Stellung und in leitender Verbindung mit dem Electroscope von Bohnenberger zu erhalten.

8. Ich habe endlich nachgewiesen, dass der Ursprung der atmosphärischen Electricität in der Condensation der Wasser-Dämpfe zu suchen ist und habe durch Cabinets-Versuche gezeigt, dass die Wasserdämpfe bei ihrer Condensation positive Electricität frei machen. Auf diese Art war ich in der Lage, sämmtliche electrische Erscheinungen der Atmosphäre zu erklären, bei vollkommen heiterem Himmel sichere Zeichen des Erscheinens von Wolken und von Niederschlägen im Umkreise von einigen Kilometern zu erhalten. Auf dieselbe Weise war ich im Stande, die Ursache des Nordlichtes und der electrischen Erscheinungen an den Vulcanen anzugeben.[1])

1) S. die vier Bände der Annali dell' Osservatorio meteorologico Vesuviano.

Zwei Bemerkungen zu Regnault's Tafel der Spannkraft des Wasserdampfes.

Von

A. Moritz.

(Vom Herrn Verfasser freundlichst mitgetheilt.)

I. [1])

In den *Annales de chimie et de physique*, 3me *série* T. XI hat Herr Regnault eine Tafel für die Expansivkraft des Wasserdampfes gegeben, welche bereits vielfache Anwendung bei Feuchtigkeitsbestimmungen und bei der Reduction beobachteter Siedepuncte auf den normalen Luftdruck von 0^m,76 gefunden hat. Zu letzterem Zwecke scheint jedoch diese Tafel nicht ganz geeignet zu sein, da in ihr ein auffallender Sprung in den Werthen von e nahe bei $t = 100^0$ C. stattfindet. Ist nämlich t die Temperatur in Centesimalgraden, e die Expansivkraft der Wasserdämpfe, ausgedrückt in Millimetern Quecksilberhöhe, $\triangle'$, $\triangle''$, und $\triangle'''$ resp. die 1te, 2te und 3te Differenz der Expansivkräfte, so finden wir l. c. pag. 335:

t	e	$\triangle'$	$\triangle''$	$\triangle'''$
93^0	588,406			
		+ 22,334		
94	610,740		+ 0,704	
		+ 23,038		+ 0,015
95	633,778		+ 0,719	
		+ 23,757		+ 0,018
96	657,535		+ 0,737	
		+ 24,494		+ 0,020
97	682,029		+ 0,757	
		+ 25,251		+ 0,017
98	707,280		+ 0,774	
		+ 26,025		+ 0,104
99	733,305		+ 0,670	
		+ 26,695		
100	760,000			

Diese Tafel ist, wie der Verfasser angibt (l. c. pag. 331) nach der Formel $\log e = a + b\alpha_1{}^t + c\beta_1{}^t$ berechnet, wo

---

1) Publicirt im: *Bulletin physico-mathématique de l' Académie de St.-Pétersbourg. Tome XIII, pag. 41*, unter dem Titel: *Rectification d'une erreur découverte dans la table de M. Regnault, relative à la force expansive de la vapeur d'eau. Lettre de M. A. Moritz à M. Lenz. Lu le 17 février 1854.*

$$\log \alpha_1 = 0{,}006865036 \quad \log b = 8{,}1340339$$
$$\log \beta_1 = 9{,}9967249 \quad \log c = 0{,}6116485 \textit{ négat.}$$
$$a = +\,4{,}7394380$$

zu setzen ist (l. c. pag. 328). Sie stimmt auch in der That vollkommen mit den aus der Formel berechneten Werthen von e, mit einer einzigen Ausnahme: nämlich für $t = 100^0$ gibt die Formel nicht 760,000, sondern $e = 760{,}123$. Setzt man diesen Werth von e in die letzte Zeile der obigen Tafel, so wird in derselben Zeile

$$\Delta' = +\,26{,}818 \quad \Delta'' = +\,0{,}793 \text{ und } \Delta''' = +\,0{,}019$$

und die Continuität ist vollkommen hergestellt.

So einfach eine solche Verbesserung der Tafel auch erscheinen mag, so ist sie doch durchaus unzulässig, weil sie zu directem Widerspruche gegen eine der Grundlagen der neueren Thermometrie führt, nach der der Siedepunct des Wassers beim Luftdrucke von 760,^{mm}000 Barometerstand auf dem Thermometer mit 100^0 C. bezeichnet werden soll oder, mit anderen Worten, es soll 100^0 C. der Thermometerscale der Temperatur desjenigen Wasserdampfes entsprechen, dessen Expansivkraft dem Drucke einer Quecksilbersäule von 0^0 Temperatur und 760,^{mm}000 Höhe das Gleichgewicht hält. Wir werden uns daher genöthigt sehen, die Discontinuität, welche wir in der Tafel gefunden haben, durch Aenderung sämmtlicher vorhergehender Werthe von e zu vernichten und nur den Werth $e = 760{,}000$ für $t = 100^0$ beizubehalten, d. h. die Formel, nach welcher die Tafel berechnet worden, zu ändern. Da aber die Form der Gleichung $\log e = a + b\alpha_1{}^t + c\beta_1{}^t$ zu keiner Discontinuität Anlass geben kann, so müssen die Zahlenwerthe der Coefficienten einer Aenderung unterliegen. Geht man jedoch auf die Fundamentalgleichungen zurück, aus denen diese Zahlenwerthe bestimmt sind, so übersieht man leicht, dass es sich um keine Aenderung der Zahlen, sondern nur um die Ausmerzung eines Rechenfehlers handelt. Denn die 5 Constanten, obgleich aus nur 5 Gleichungen bestimmt, genügen diesen Gleichungen keineswegs so vollkommen als man erwarten sollte, wie folgende Zusammenstellung zeigt:

t	e nach pag. 328 der Rechnung zu Grunde gelegt	e nach der Formel $\log e = a + b\alpha_1 t + c\beta_1 t$ und den Coefficient. pag. 328 berechnet	Differenz.
0^0	4,600	4,600	0,000
25	23,550	23,550	0,000
50	91,980	91,982	−0,002
75	288,500	288,517	−0,017
100	760,000	760,123	−0,123

Man könnte zwar aus der Natur und Grösse der angezeigten Differenzen einen Schluss darauf machen, in welchem Theile der Rechnung der Fehler zu suchen sei, doch habe ich es vorgezogen, die ganze Rechnung zu wiederholen, in der Voraussicht, dass der Fehler entstanden sein könne: 1) aus einer ungenügenden Ableitung der analytischen Ausdrücke, aus denen α, β, a, b, c bestimmt sind; 2) aus einem zufälligen Versehen in der Zifferrechnung; 3) aus der Unsicherheit, welche selbst 7stellige Logarithmen (mit denen offenbar Herr Regnault gerechnet hat) in eine Rechnung einführen, wenn die Formeln für logarithmische Rechnung nicht bequem zugerichtet werden können (also ein sogenannter Tafelfehler).

Ohne hier auf die Einzelheiten einzugehen, bemerke ich nur, dass in den Formeln für $\alpha + \beta$ und $\alpha\beta$ (l. c. pag. 327) drei Druckfehler sind und dass es heissen muss:

$$\alpha + \beta = \frac{(D-C)(A-C)-(E-C)(A-B)}{(A-C)(C-B)-(A-B)(D-B)}$$

$$\alpha\beta = \frac{(E-C)(C-B)-(D-B)(D-C)}{(A-C)(C-B)-(A-B)(D-B)}$$

Diese sind jedoch eben nur Druckfehler, die auf den ferneren Gang der Rechnung des Herrn Regnault keinen Einfluss gehabt haben, wovon man sich leicht überzeugen kann.

In der nun folgenden Zifferrechnung wurden durchgängig 10stellige Logarithmen gebraucht, um den Tafelfehler möglichst zu verkleinern, — mit alleiniger Ausnahme der Bestimmung von a, wo 7 Decimalstellen um so mehr als hinreichend angesehen werden durften, als diese Bestimmung nicht auf die der andern Coefficienten Einfluss hat. Die von mir erhaltenen Endresultate sind, mit Beibehaltung der Regnault'schen Bezeichnungen, folgende:

$$\log \alpha_1 = 0{,}006864937152$$
$$\log \beta_1 = 9{,}996725536856$$
$$\log b = 8{,}1319907112$$
$$\log c = 0{,}6117407675 \text{ négat.}$$
$$a = +4{,}7393707$$

Die Zahlen sind hier so hergesetzt, wie die Rechnung sie unmittelbar ergab; bei ihrer ferneren Benutzung wird man die überflüssig erscheinenden Decimalstellen fortlassen, von denen mindestens die 2 letzten nicht garantirt werden können.

Bestimmt man mit diesen Coefficienten e aus der Gleichung $\log e = a + b\alpha_1{}^t + c\beta_1{}^t$ für die Fundamentalwerthe t, so erhält man

eine vollkommene Uebereinstimmung mit den der Rechnung zu Grunde gelegten Werthen von e bis zur 3ten Decimalstelle des Millimeters.

$t =$	e berechnet	e zu Grunde gelegt	$\log e$ berechnet	$\log e$ zu Grunde gelegt	Differenz in der 7ten Decimalstelle
0°	4,600.0	4,600.0	0,6627578	0,6627578	0
25	23,550.0	23,550.0	1,3719908	1,3719909	+1
50	91,980.1	91,980.0	1,9636938	1,9636934	—4
75	288,500.3	288,500.0	2,4601462	2,4601458	—4
100	760,000.5	760,000.0	2,8808139	2,8808136	—3.

Wir erhalten somit die untenstehende Tafel für die Elasticität des Wasserdampfes (e) bei Temperaturen zwischen + 40° und 100°, welche der Regnault'schen zu substituiren ist. t ist die Temperatur in Centesimalgraden, e die Höhe einer Quecksilbersäule von 0° Temperatur, in Millimetern gemessen, welche der resp. Elasticität des Dampfes das Gleichgewicht hält. Vergleicht man die in dieser Tafel gegebenen Werthe von e mit den bei gleicher Temperatur experimental gefundenen (l. c. pag. 316 folg.), so sieht man, dass die Differenzen zwar klein, wohl kleiner als die wahrscheinlichen Beobachtungsfehler, aber doch vorherrschend positiv sind.

Tafel der Spannkraft des Wasserdampfes, von + 40° bis + 100° C.

t	e (mm)	Δ' (mm)	Δ'' (mm)	Δ''' (mm)
+ 40° C.	54,906	3,003	0,136	0,006
41	57,909	3,145	0,142	0,004
42	61,054	3,291	0,146	0,007
43	64,345	3,444	0,153	0,004
44	67,789	3,601	0,157	0,008
45	71,390	3,766	0,165	0,004
46	75,156	3,935	0,169	0,008
47	79,091	4,112	0,177	0,005
48	83,203	4,294	0,182	0,007
49	87,497	4,483	0,189	0,007
50	91,980	4,679	0,196	0,007
51	96,659	4,882	0,203	0,007
52	101,541	5,092	0,210	0,007
53	106,633	5,309	0,217	0,007
54	111,942	5,533	0,224	0,009
55	117,475	5,766	0.233	0,007
56	123,241	6,006	0,240	0,008
57	129,247	6,254	0,248	0,008

t	e	Δ'	Δ''	Δ'''
	mm	mm	mm	mm
58	135,501	6,510	0,256	0,009
59	142,011	6,775	0,265	0,008
60	148,786	7,048	0,273	0,009
61	155,834	7,330	0,282	0,009
62	163,164	7,621	0,291	0,010
63	170,785	7,922	0,301	0,008
64	178,707	8,231	0,309	0,010
65	186,938	8,550	0,319	0,011
66	195,488	8,880	0,330	0,008
67	204,368	9,218	0,338	0,012
68	213,586	9,568	0,350	0,010
69	223,154	9,928	0,360	0,010
70	233,082	10,298	0,370	0,012
71	243,380	10,680	0,382	0,010
72	254,060	11,072	0,392	0,012
73	265,132	11,476	0,404	0,012
74	276,608	11,892	0,416	0,012
75	288,500	12,320	0,428	0,011
76	300,820	12,759	0,439	0,012
77	313,579	13,210	0,451	0,014
78	326,789	13,675	0,465	0,012
79	340,464	14,152	0,477	0,013
80	354,616	14,642	0,490	0,014
81	369,258	15,146	0,504	0,014
82	384,404	15,664	0,518	0,012
83	400,068	16,194	0,530	0,016
84	416,262	16,740	0,546	0,013
85	433,002	17,299	0,559	0,016
86	450,301	17,874	0,575	0,014
87	468,175	18,463	0,589	0,015
88	486,638	19,067	0,604	0,016
89	505,705	19,687	0,620	0,016
90	525,392	20,323	0,636	0,016
91	545,715	20,975	0,652	0,016
92	566,690	21,643	0,668	0,017
93	588,333	22,328	0,685	0,018
94	610,661	23,031	0,703	0,017
95	633,692	23,751	0,720	0,017
96	657,443	24,488	0,737	0,018
97	681,931	25,243	0,755	0,019
98	707,174	26,017	0,774	0,018
99	733,191	26,809	0,792	0,020
100	760,000	27,621	0,812	0,020
(101)	(787,621)	(28,453)	(0,832)	
(102)	(816,074)			

Tiflis, den 22. (10.) December 1853.

II.[1])

Je mehr eine physikalische Hilfstafel allgemeine Verbreitung und Anwendung bei Berechnung von Beobachtungen gefunden hat, desto mehr ist es die Pflicht eines Jeden, etwaige in ihr bemerkte Mängel zur Kenntniss der Fachgenossen zu bringen und zur Ausmerzung der Fehler beizutragen, selbst wenn diese so klein sind, dass bei dem gegenwärtigen Stande der Beobachtungskunst ihr Einfluss auf die Endresultate geringer ist, als der der zufälligen Beobachtungsfehler. Zu der Zahl solcher allgemein gebrauchter Tafeln gehört gegenwärtig gewiss die von Hrn. V. Regnault auf seine ausgezeichneten Experimentaluntersuchungen gegründete *Table des forces élastiques de la vapeur aqueuse de — 32 à + 230 degrés*, welche von ihm in den *Mémoires de l'Académie Royale des Scientes de l'Institut de France, tome XXI, pag. 624 et suiv.* gegeben und daraus in fast alle bezügliche Lehrbücher und Tabellensammlungen unverändert übergegangen ist.

Im Jahre 1853 mit einer Untersuchung über die Veränderlichkeit der Siedepuncte an Thermometern beschäftigt, fand ich in den Constanten der Formel, nach welcher der zwischen 0 und 100 Grad befindliche Theil der Regnault'schen Tafel berechnet ist, einen Fehler, dessen Einfluss auf die Tafelwerthe bei $+ 40^0$ anfing bemerkbar zu werden, und bei 100^0 auf $^1/_8$ Millimeter (d. h. auf 0,016 Procente der respectiven Spannkraft) stieg; ich theilte meine Bemerkung dem Akademiker Lenz mit, der sie im *Bulletin de la Classe physico-mathém. de l'Acad. Imp. des Sc. de St.-Pétersbourg, t. XIII, pag. 41* veröffentlichte. Gegenwärtig, bei der Zusammenstellung von Hilfstafeln für meine meteorologischen Stationen am Kaukasus, bin ich auf einen anderen Fehler aufmerksam geworden, welcher sich in dieselbe Regnault'sche Tafel der Expansivkräfte des Wasserdampfes, und zwar in den zwischen $— 32^0$ und 0^0 gelegenen Theil derselben, eingeschlichen hat, und von dem mir nicht bekannt ist, dass er irgendwo besprochen worden wäre. Der Einfluss dieses Fehlers auf die Tafel-

---

*) Publicirt im: *Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Pétersbourg. T. XIV, pag. 80* unter dem Titel: Ueber eine Correction der Regnault'schen Tafel der Spannkraft des Wasserdampfes. Aus einem Schreiben des Hrn. Moritz in Tiflis an Akademiker Wild (Lu le 21 janvier 1869).

werthe ist zwar, absolut genommen, noch viel geringer als der des vorerwähnten (er beträgt im Maximo, d. h. bei 0^0, nur 0,01 Millimeter, was aber 0,2 Procente des entsprechenden Tafelwerthes ausmacht); dem Eingangs aufgestellten Grundsatze getreu habe ich es jedoch nicht für unnütz gehalten, Ihnen denselben mitzutheilen, — sei es auch nur, um die Abweichungen von der Regnault'schen Tafel zu rechtfertigen, die Sie in meiner bereits unter der Presse befindlichen Sammlung von Hilfstafeln bemerken werden.

In dem *Mém. de l'Institut, t. XXI, pag. 599* heisst es: *Pour représenter les températures inférieures à* 0^0, *j'ai calculé une formule d'interpolation à une seule exponentielle, dans laquelle l'ordonnée F représente la force élastique ellemême de la vapeur et non son logarithme.* $F = a + b\alpha^x$, *dans laquelle* $x = t + 32^0$. *Les constantes ont été déterminées par les trois valeurs suivantes, prises sur la courbe graphique:* $t_0 = -32, x = 0, F_0 = 0{,}32^{mm}; t_1 = -16, x_1 = 16, F_1 = 1{,}29^{mm}; t_2 = 0, x_2 = 32, F_2 = 4{,}60^{mm}$. *On a obtenu ainsi:* $\log b = \bar{1}{,}6024724$; $\log \alpha = 0{,}0333980; a = -0{,}08038$. Berechnet man rückwärts mit diesen Constanten die ihrer Bestimmung unterlegten Werthe von F, so erhält man: $F_0 = 0{,}3200000$, $F_1 = 1{,}2899982$ und $F_2 = 4{,}6100043$. Die von Herrn Regnault bestimmten Werthe von a, b und α sind somit nicht die richtigen, da sie ja für $x = 32$ geben $4{,}61^{mm}$ anstatt 4,60.

Um die Werthe dieser Coefficienten zu berechnen, bilden wir die drei Gleichungen:

$$a + b\alpha^0 = 0{,}32 \qquad \text{(I)}$$
$$a + b\alpha^{16} = 1{,}29 \qquad \text{(II)}$$
$$a + b\alpha^{32} = 4{,}60 \qquad \text{(III)}$$

Ferner folgt aus (I)

$$a = 0{,}32 - b \qquad \text{(IV).}$$

Diesen Werth von a in die beiden anderen Gleichungen gesetzt, und (III) durch (II) dividirt, gibt:

$$\frac{\alpha^{32}-1}{\alpha^{16}-1} = \alpha^{16} + 1 = \frac{4{,}60-0{,}32}{1{,}29-0{,}32} = 4{,}412371134$$

oder $\alpha^{16} = 3{,}412371$ und $\log. \alpha = 0{,}0333160125$.

Hiermit erhält man aus (II) und (IV)

$$b = \frac{1{,}29-0{,}32}{2{,}412371} = 0{,}4020939; \log b = \bar{1}{,}6043276$$

und

$$a = -0{,}0820939$$

Rechnet man mit diesen Werthen der Coefficienten nach obiger Formel, so ergibt sich:

$$F_0 = 0{,}3200001;\ F_1 = 1{,}2899999;\ F_2 = 4{,}5999982.$$

Wir haben somit:

	nach Regnault	nach mir	Differenz
log b	$\bar{1}$,6024724	$\bar{1}$,6043276	+ 0,0018552
log α	0,0333980	0,0333160	—0,0000820
a	—0,08038	—0,08209	—0,00171

und aus der Controle-Rechnung folgt F

für $t=$	Fundamental-werth	nach Regnault	Differenz	nach mir	Differenz
—32⁰	0,3200000	0,3200000	— 0,0000000	0,3200001	— 0,0000001
—16⁰	1,2900000	1,2899982	+ 0,0000018	1,2899999	+ 0,0000001
0⁰	4,6000000	4,6100043	— 0,0100043	4,5999982	+ 0,0000018

wobei auch ich nur siebenstellige Logarithmentafeln gebraucht habe.

Dass die von Herrn Regnault gebrauchten Zahlenwerthe der Coefficienten nicht die richtigen waren, übersieht man auch sogleich, wenn man in der von ihm l. c. auf pag. 624 gegebenen Tabelle die zweiten Differenzen der Spannkräfte bildet. So z. B. findet man:

Températures	Forces élast.	Différ. pour 1°	2te Differenz.
— 6⁰	2,876		
		0,237	
— 5	3,113		0,018
		0,255	
— 4	3,368		0,021
		0,276	
— 3	3,644		0,021
		0,297	
— 2	3,941		0,025
		0,322	
— 1	4,263		0,015
		0,337	
0	4,600		(0,003)
		(0,340)	
+ 1	(4,940)		(0,022)
		(0,362)	
+ 2	(5,302)		

Die in ( ) eingeschlossenen Werthe der Spannkräfte für die Temperaturen + 1⁰ und + 2⁰ sind nach einer anderen Formel berechnet, als die vorhergehenden, wie man aus der erwähnten Abhandlung (pag. 623) ersieht. In der l. c. auf pag. 627 gegebenen Tafel der Spannkräfte von — 10⁰,0 bis + 35⁰,0 Temperatur, in welcher das Argument durch je 0⁰,1 fortschreitet, ist dieser Sprung in der Nähe von — 0⁰ nicht bemerkbar; in dieser Hilfstafel stimmen aber auch die den vollen Graden entsprechenden Tensionen durchaus nicht mit denen der Haupttafel (pag. 624) überein, was Herr Regnault auf pag. 623 folgendermaassen erklärt: *cela tient à ce que les deux tables, qui ont été formées à des époques différentes, n'ont pas été calculées avec la même formule,* ohne jedoch diese differente Formel anzugeben. Die Regnaultsche Hilfstafel ist bis — 15⁰,0 erweitert von Herrn

Renou in die *Tables Usuelle de la Météorologie* unter Nr. XIV aufgenommen worden, mit Weglassung der dritten Decimalstelle der Millimeter; aber Alles dieses stimmt weder mit der Regnault'schen Haupttafel, noch mit meinen Rechnungen überein. (Beiläufig bemerke ich, dass es bei Renou, pag. 103, für + 12⁰,9 heissen muss 11,09^{mm} anstatt 10,09^{mm}, und für + 31⁰,2 heissen soll 33,79^{mm} anstatt 31,79^{mm}).

Mit den neu bestimmten Werthen der Coefficienten habe ich folgende Tafel erhalten, in welcher die den vollen Temperaturgraden entsprechenden Spannkräfte direct nach der Formel $F = a + b\alpha^x$ berechnet sind, die übrigen aber durch Interpolation mit Berücksichtigung der höheren Differenzen. Um den praktischen Bedürfnissen unserer hochgelegenen Stationen genügen zu können, habe ich die Tafel bis — 40⁰,0 erweitern müssen.

Table des forces élastiques de la vapeur d'eau, de — 40 à 0 degrés.

Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Différ. pour 0⁰,1	Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Différ. pour 0⁰,1
—40,0	0,13558		—38,0	0,17167	
		0,00168			0,00195
39,9	0,13726		37,9	0,17362	
		169			197
39,8	3895		37,8	7559	
		170			198
39,7	4065		37,7	7757	
		171			200
39,6	4236		37,6	7957	
		173			202
39,5	4409		37,5	8159	
		174			203
39,4	4583		37,4	8362	
		175			204
39,3	4758		37,3	8566	
		177			206
39,2	4935		37,2	8772	
		178			208
39,1	5113		37,1	8980	
		180			210
39,0	5293		37,0	9190	
		0,00181			0,00211
38,9	0,15474		36,9	0,19401	
		183			213
38,8	5657		36,8	9614	
		184			214
38,7	5841		36,7	0,19828	
		185			216
38,6	6026		36,6	0,20044	
		186			218
38,5	6212		36,5	0262	
		188			219
38,4	6400		36,4	0481	
		189			220
38,3	6589		36,3	0701	
		191			223
38,2	6780		36,2	0924	
		193			225
38,1	6973		36,1	1149	
		194			226
38,0	7167		36,0	1375	

Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Différ. pour 0°,1	Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Différ. pour 0°,1
—36,0	0,21375		—32,0	0,32000	
		0,00228			0,00310
35,9	0,21603	230	31,9	0,32310	312
35,8	1833	231	31,8	2622	314
35,7	2064	233	31,7	2936	317
35,6	2297	235	31,6	3253	319
35,5	2532	237	31,5	3572	322
35,4	2769	239	31,4	3894	324
35,3	3008	240	31,3	4218	327
35,2	3248	242	31,2	4545	329
35,1	3490	244	31,1	4874	332
35,0	3734		31,0	5206	
		0,00246			0,00334
34,9	0,23980	248	30,9	0,35540	337
34,8	4228	250	30,8	5877	340
34,7	4478	251	30,7	6217	342
34,6	4729	254	30,6	6559	345
34,5	4983	256	30,5	6904	347
34,4	5239	257	30,4	7251	350
34,3	5496	260	30,3	7601	353
34,2	5756	261	30,2	7954	356
34,1	6017	264	30,1	8310	358
34,0	6281		30,0	8668	
		0,00266			0,00361
33,9	0,26547	267	29,9	0,39029	364
33,8	6814	270	29,8	9393	366
33,7	7084	272	29,7	0,39759	369
33,6	7355	274	29,6	0,40128	372
33,5	7629	276	29,5	0500	375
33,4	7905	278	29,4	0875	378
33,3	8183	280	29,3	1253	381
33,2	8463	283	29,2	1634	384
33,1	8746	285	29,1	2018	387
33,0	9031		29,0	2405	
		0,00287			0,00390
32,9	0,29318	289	28,9	0,42795	393
32,8	9608	290	28,8	3188	396
32,7	0,29898	293	28,7	3584	399
32,6	0,30191	296	28,6	3983	402
32,5	0487	298	28,5	4385	405
32,4	0785	300	28,4	4790	408
32,3	1085	303	28,3	5198	411
32,2	1388	305	28,2	5609	414
32,1	1693	307	28,1	6023	418
32,0	2000		28,0	6441	

Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Différ. pour 0°,1	Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Différ. pour 0°,1
—28,0	0,46441		—24,0	0,66068	
		0,00421			0,00572
27,9	0,46862		23,9	0,66640	
		424			576
27,8	7286		23,8	7216	
		427			581
27,7	7713		23,7	7797	
		430			585
27,6	8143		23,6	8382	
		434			590
27,5	8577		23,5	8972	
		437			594
27,4	9014		23,4	0,69566	
		441			599
27,3	9455		23,3	0,70165	
		444			604
27,2	0,49899		23,2	0769	
		448			608
27,1	0,50347		23,1	1377	
		451			613
27,0	0798		23,0	1990	
		0,00454			0,00618
26,9	0,51252		22,9	0,72608	
		458			622
26,8	1710		22,8	3230	
		461			627
26,7	2171		22,7	3857	
		465			632
26,6	2636		22,6	4489	
		469			637
26,5	3105		22,5	5126	
		472			642
26,4	3577		22,4	5767	
		476			647
26,3	4053		22,3	6414	
		480			652
26,2	4533		22,2	7066	
		483			657
26,1	5016		22,1	7723	
		487			662
26,0	5503		22,0	8385	
		0,00491			0,00667
25,9	0,55994		21,9	0,79052	
		494			672
25,8	6488		21,8	0,79724	
		498			677
25,7	6986		21,7	0,80401	
		502			682
25,6	7488		21,6	1083	
		506			688
25,5	7994		21,5	1771	
		509			693
25,4	8503		21,4	2464	
		514			698
25,3	9017		21,3	3162	
		518			704
25,2	0,59535		21,2	3866	
		522			709
25,1	0,60057		21,1	4575	
		526			714
25,0	0583		21,0	5289	
		0,00530			0,00720
24,9	0,61113		20,9	0,86009	
		533			726
24,8	1646		20,8	6735	
		538			731
24,7	2184		20,7	7466	
		542			737
24,6	2726		20,6	8203	
		546			742
24,5	3272		20,5	8945	
		550			748
24,4	3822		20,4	0,89693	
		555			754
24,3	4377		20,3	0,90447	
		559			760
24,2	4936		20,2	1207	
		564			766
24,1	5500		20,1	1973	
		568			771
24,0	6068		20,0	2744	

Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Differ. pour 0°,1
—20,0	0,92744	0,00777
19,9	0,93521	783
19,8	4304	789
19,7	5093	796
19,6	5889	802
19,5	6691	808
19,4	7499	814
19,3	8313	820
19,2	9133	827
19,1	0,99960	833
19,0	1,00793	0,00839
18,9	1,01632	846
18,8	2478	852
18,7	3330	859
18,6	4189	866
18,5	5055	872
18,4	5927	879
18,3	6806	886
18,2	7692	893
18,1	8585	899
18,0	.9484	0,00907
17,9	1,10391	913
17,8	1304	920
17,7	2224	927
17,6	3151	935
17,5	4086	942
17,4	5028	949
17,3	5977	956
17,2	6933	964
17,1	7897	971
17,0	8868	0,00979
16,9	1,19847	986
16,8	1,20833	0,00994
16,7	1827	0,01001
16,6	2828	009
16,5	3837	017
16,4	4854	025
16,3	5879	032
16,2	6911	041
16,1	7952	048
16,0	1,29000	

Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Differ. pour 0°,1
—16,0	1,29000	0,01057
15,9	1,30057	065
15,8	1122	073
15,7	2195	081
15,6	3276	089
15,5	4365	098
15,4	5463	106
15,3	6569	115
15,2	7684	124
15,1	8808	132
15,0	1,39940	0,01141
14,9	1,41081	150
14,8	2231	158
14,7	3389	168
14,6	4557	176
14,5	5733	186
14,4	6919	194
14,3	8113	204
14,2	1,49317	213
14,1	1,50530	222
14,0	1752	0,01232
13,9	1,52984	242
13,8	4226	251
13,7	5477	261
13,6	6738	270
13,5	8008	280
13,4	1,59288	290
13,3	1,60578	299
13,2	1877	309
13,1	3186	320
13,0	4506	0,01330
12,9	1,65836	340
12,8	7176	351
12,7	8527	361
12,6	1,69888	372
12,5	1,71260	382
12,4	2642	393
12,3	4035	403
12,2	5438	414
12,1	6852	425
12,0	8277	

Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Différ. pour 0°,1	Tempér. Centigr.	Tension. Millim.	Différ. pour 0°,1
—12,0	1,78277		—8,0	2,45252	
		0,01436			0,01952
11,9	1,79713	447	7,9	2,47204	1967
11,8	1,81160	459	7,8	49171	1982
11,7	2619	470	7,7	51153	1997
11,6	4089	481	7,6	53150	2012
11,5	5570	492	7,5	55162	2028
11,4	7062	504	7,4	57190	2044
11,3	1,88566	515	7,3	59234	2060
11,2	1,90081	527	7,2	61294	2076
11,1	1608	538	7,1	63370	2091
11,0	3146		7,0	65461	
		0,01550			0,02108
10,9	1,94696	563	6,9	2,67569	2124
10,8	6259	575	6,8	69693	2140
10,7	7834	587	6,7	71833	2156
10,6	1,99421	599	6,6	73989	2173
10,5	2,01020	611	6,5	76162	2190
10,4	2631	624	6,4	78352	2206
10,3	4255	636	6,3	80558	2224
10,2	5891	649	6,2	82782	2241
10,1	7540	661	6,1	85023	2258
10,0	9201		6,0	87281	
		0,01674			0,02275
9,9	2,10875	1687	5,9	2,89556	2293
9,8	12562	1700	5,8	91849	2311
9,7	14262	1713	5,7	94160	2328
9,6	15975	1727	5,6	96488	2347
9,5	17702	1740	5,5	2,98835	2365
9,4	19442	1753	5,4	3,01200	2383
9,3	21195	1766	5,3	03583	2401
9,2	22961	1780	5,2	05984	2420
9,1	24741	1794	5,1	08404	2438
9,0	26535		5,0	10842	
		0,01808			0,02457
8,9	2,28343	1822	4,9	3,13299	2475
8,8	30165	1836	4,8	15774	2494
8,7	32001	1850	4,7	18268	2514
8,6	33851	1864	4,6	20782	2534
8,5	35714	1878	4,5	23316	2553
8,4	37592	1893	4,4	25868	2573
8,3	39485	1908	4,3	28441	2593
8,2	41393	1922	4,2	31034	2613
8,1	43315	1937	4,1	33647	2633
8,0	45252		4,0	36280	

Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Différ. pour 0°,1	Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Différ. pour 0°,1
— 4,0	3,36280		— 2,0	3,93404	
		0,02653			0,03093
3,9	3,38933	2673	1,9	3,96497	3117
3,8	41606	2694	1,8	3,99614	3141
3,7	44300	2715	1,7	4,02755	3165
3,6	47015	2735	1,6	05920	3188
3,5	49750	2757	1,5	09108	3214
3,4	52507	2778	1,4	12322	3238
3,3	55285	2799	1,3	15560	3263
3,2	58084	2821	1,2	18823	3288
3,1	60905	2842	1,1	22111	3314
3,0	63747		1,0	25425	
		0,02864			0,03339
2,9	3,66611	2886	0,9	4,28764	3365
2,8	69497	2909	0,8	32129	3391
2,7	72406	2931	0,7	35520	3417
2,6	75337	2953	0,6	38937	3444
2,5	78290	2976	0,5	42381	3470
2,4	81266	2999	0,4	45851	3497
2,3	84265	3023	0,3	49348	3523
2,2	87288	3046	0,2	52871	3551
2,1	90334	3070	0,1	56422	3578
2,0	93404		0,0	60000	

An diese Tafel, in welcher man die 2 oder 3 letzten Decimalstellen fortlassen wird je nach der Natur der Aufgabe, zu deren Lösung man sie verwendet, schliesst sich mit Argument-Differenzen von ebenfalls 0⁰,1 Cels. die Regnault'sche Hilfstafel l. c. pag. 628—631, von + 0⁰ bis + 35⁰,0; dann folgt durch die ganzen Grade des hunderttheiligen Thermometers Regnault's Haupttafel von + 35⁰ bis + 40⁰ und die von mir gegebene (Bulletin XIII, pag. 44) von + 40⁰ bis + 81⁰ für ein Temperatur-Intervall, innerhalb dessen die Expansivkraft der Wasserdämpfe so selten praktische Anwendung (namentlich in der Meteorologie und ihr verwandten Forschungen) findet, dass es vor der Hand unnütz erschien, eine mehr detaillirte Tafel auszuarbeiten. Von 81⁰ C., entsprechend einem Drucke von 369^{mm},258, angefangen, sind aber diese Tafeln von wichtiger Verwendung für das Thermobarometer (*hypsomètre à ébullition d'eau*), und wie früher Regnault aus seiner Haupttafel (l. c. pag. 632), so habe auch ich jetzt eine Hilfs-

tafel durch je 0°,1 C. von 81°,1 bis 101°,0 berechnet, mit Beibehaltung der dritten Decimalstelle des Millimeters, deren Einheit hier ungefähr denselben relativen Werth hat, wie die fünfte in der aufgeführten Tabelle für negative Temperaturen, nämlich etwa 2 Milliontheile der respectiven Expansivkräfte. Durch Interpolation in die erwähnte Tafel (Bulletin XIII pag. 44) mit Berücksichtigung der Differenzen habe ich erhalten:

Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Différ. pour 0°,1	Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Différ. pour 0°,1
+ 81,0	369,258	1,491	+ 84,0	416,262	1,649
81,1	70,749	1,497	84,1	17,911	1,655
81,2	72,246	1,502	84,2	19,566	1,660
81,3	73,748	1,507	84,3	21,226	1,666
81,4	75,255	1,512	84,4	22,892	1,671
81,5	76,767	1,517	84,5	24,563	1,677
81,6	78,284	1,522	84,6	26,240	1,682
81,7	79,806	1,527	84,7	27,922	1,688
81,8	81,333	1,533	84,8	29,610	1,693
81,9	82,866	1,538	84,9	31,303	1,699
82,0	384,404	1,543	85,0	433,002	1,704
82,1	85,947	1,548	85,1	34,706	1,710
82,2	87,495	1,553	85,2	36,416	1,716
82,3	89,084	1,558	85,3	38,132	1,721
82,4	90,606	1,564	85,4	39,853	1,727
82,5	92,170	1,569	85,5	41,580	1,733
82,6	93,739	1,574	85,6	43,313	1,738
82,7	95,313	1,579	85,7	45,051	1,744
82,8	96,892	1,585	85,8	46,795	1,750
82,9	98,477	1,591	85,9	48,545	1,756
83,0	400,068	1,595	86,0	450,301	1,761
83,1	01,663	1,601	86,1	52,062	1,767
83,2	03,264	1,606	86,2	53,829	1,773
83,3	04,870	1,611	86,3	55,602	1,779
83,4	06,481	1,617	86,4	57,381	1,784
83,5	08,098	1,622	86,5	59,165	1,790
83,6	09,720	1,628	86,6	60,955	1,796
83,7	11,348	1,633	86,7	62,751	1,802
83,8	12,981	1,638	86,8	64,553	1,808
83,9	14,619	1,643	86,9	66,361	1,814
84,0	416,262		87,0	468,175	

Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Differ. pour 0°,1
+ 87,0	468,175	1,820
87,1	69,995	1,825
87,2	71,820	1,832
87,3	73,652	1,837
87,4	75,489	1,843
87,5	77,332	1,849
87,6	79,181	1,855
87,7	81,036	1,861
87,8	82,897	1,867
87,9	84,764	1,874
88,0	486,638	1,879
88,1	88,517	1,885
88,2	90,402	1,891
88,3	92,293	1,898
88,4	94,191	1,904
88,5	96,095	1,910
88,6	98,005	1,916
88,7	499,921	1,922
88,8	501,843	1,928
88,9	03,771	1,934
89,0	505,705	1,941
89,1	07,646	1,947
89,2	09,593	1,953
89,3	11,546	1,959
89,4	13,505	1,965
89,5	15,470	1,972
89,6	17,442	1,978
89,7	19,420	1,984
89,8	21,404	1,991
89,9	23,395	1,997
90,0	525,392	2,003
90,1	27,395	2,010
90,2	29,405	2,016
90,3	31,421	2,023
90,4	33,444	2,029
90,5	35,473	2,036
90,6	37,509	2,042
90,7	39.551	2,048
90,8	41,599	2,055
90,9	43,654	2,061
91,0	545,715	

Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Differ. pour 0°,1
+ 91,0	545,715	2,068
91,1	47,783	2,074
91,2	49,857	2,081
91,3	51,938	2,088
91,4	54,026	2,094
91,5	56,120	2,101
91,6	58,221	2,107
91,7	60,328	2,114
91,8	62,442	2,121
91,9	64,563	2,127
92,0	566,690	2,134
92,1	68,824	2,141
92,2	70,965	2,147
92,3	73,112	2,154
92,4	75,266	2,161
92,5	77,427	2,168
92,6	79,595	2,174
92,7	81,769	2,181
92,8	83,950	2,188
92,9	86,138	2,195
93,0	588,333	2,202
93,1	90,535	2,209
93,2	92,744	2,215
93,3	94,959	2,222
93,4	97,181	2,229
93,5	599,410	2,236
93,6	601,646	2,243
93,7	03,889	2,251
93,8	06,140	2,257
93,9	08,397	2,264
94,0	610,661	2,271
94,1	12,932	2,278
94,2	15,210	2,286
94,3	17,496	2,292
94,4	19,788	2,300
94,5	22,088	2,306
94,6	24,394	2,314
94,7	26,708	2,321
94,8	29,029	2,328
94,9	31,357	2,335
95,0	633,692	

Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Différ. pour 0°,1	Tempér. Centigr.	Tension Millim.	Différ. pour 0°,1
+ 95,0	633,692	2,342	+ 98,0	707,174	2,566
95,1	36,034	2,350	98,1	09,740	2,574
95,2	38,384	2,357	98,2	12,314	2,582
95,3	40,741	2,364	98,3	14,896	2,590
95,4	43,105	2,371	98,4	17,486	2,598
95,5	45,476	2,379	98,5	20,084	2,605
95,6	47,855	2,386	98,6	22,689	2,613
95,7	50,241	2,393	98,7	25,302	2,621
95,8	52,634	2,401	98,8	27,923	2,629
95,9	55,035	2,408	98,9	30,552	2,638
96,0	657,443	2,415	99,0	733,190	2,645
96,1	59,858	2,423	99,1	35,835	2,653
96,2	62,281	2,430	99,2	38,488	2,661
96,3	64,711	2,438	99,3	41,149	2,669
96,4	67,149	2,445	99,4	43,818	2,677
96,5	69,594	2,452	99,5	46,495	2,685
96,6	72,046	2,460	99,6	49,180	2,693
96,7	74,506	2,467	99,7	51,873	2,701
96,8	76,973	2,475	99,8	54,574	2,709
96,9	79,448	2,483	99,9	57,283	2,717
97,0	681,931	2,490	100,0	760,000	2,725
97,1	84,421	2,498	100,1	62,725	2,733
97,2	86,919	2,505	100,2	65,458	2,742
97,3	89,424	2,513	100,3	68,200	2,750
97,4	91,937	2,520	100,4	70,950	2,758
97,5	94,457	2,528	100,5	73,708	2,766
97,6	96,985	2,536	100,6	76,474	2,774
97,7	699,521	2,543	100,7	79,248	2,782
97,8	702,064	2,551	100,8	82,030	2,791
97,9	04,615	2,559	100,9	84,821	2,799
98,0	707,174		101,0	787,620	

Dieses ist der Complex der Tensionen des Wasserdampfs, wie dieselben in aller Strenge aus den von Herrn Regnault auf Grundlage seiner ausgezeichneten Experimentaluntersuchungen aufgestellten Formeln

$$F_{-32}^{-0} = a + b\alpha^{(t+32)}$$

und

$$\log F_{+0}^{+100} = a' + b'\alpha_1{}^t - c'\beta_1{}^t$$

folgen, und diese Tensionen sind es, welche ich meinen Hilfstafeln für die Kaukasischen Stationen zu Grunde gelegt habe.

Ihre Anwendung auf das Thermobarometer und auf Siedepunctbestimmungen machte keine Schwierigkeiten; bei der Verwendung zu Psychrometertafeln drängte sich aber sogleich die schon oft besprochene Frage auf, welche von den in Vorschlag gebrachten Formeln die zweckmässigste sei. Nach reiflicher Erwägung alles dessen, was von Herrn Regnault und Anderen über die verschiedenen Psychrometerformeln und über die Genauigkeitsgränze der mit dem Psychrometer zu erhaltenden Resultate gesagt worden ist, habe ich mich entschlossen, bei den anfänglich von Regnault in seinen *Etudes sur l'hygrométrie* gegebenen Formeln

$$x = f' - \frac{0{,}480\,(t-t')}{689-t'}\,h \text{ für } t' < 0$$

und

$$x = f' - \frac{0{,}480\,(t-t')}{610-t'}\,h \text{ für } t' > 0$$

stehen zu bleiben, einmal, weil durch die anderen Formeln keine grössere Uebereinstimmung mit den Resultaten der chemischen Methode erzielt wird, wovon ich mich, unter Anderem, durch einige im Jahre 1849 im Laboratorio des weil. Akademikers Lenz bei niedrigen Temperaturen ausgeführte Versuche überzeugt habe, — und zweitens, weil vielen der jetzt verbreitetsten Psychometertafeln (wie z. B. den von der *Société météorologique de France* adoptirten Renou'schen) diese Formeln zu Grunde liegen. Im Anschlusse an diese Tafeln habe auch ich 755^{mm} als Normaldruck gewählt, obgleich dadurch die vom Luftdrucke abhängige Correction für manche Kaukasische Stationen, wie z. B. für Alexandrapol, sehr beträchtlich wird. Mit diesem Normaldrucke erhält man

$$x = \left[f' - \frac{362{,}4}{689-t'}\,(t-t')\right] - 0{,}000686\,(t-t')\,(h-755)$$

für $t' < 0$ und t' im Mittel $= -11^0$ C., und

$$x = \left[f' - \frac{362{,}4}{610-t'}\,(t-t')\right] - 0{,}000800\,(t-t')\,(h-755)$$

für $t' > 0$ und t' im Mittel $= +10^0$ C.

Die in [ ] eingeschlossenen Ausdrücke geben die Werthe der ersten Spalte der Haupttafel für den Normaldruck = 755^{mm} mit den Eingängen t' und $t - t'$; nebenan, in zweiter Spalte, stehen sogleich die relativen Feuchtigkeiten in Procenten der der Temperatur t des trockenen Thermometers entsprechenden Sättigungsspannung. Die Interpolation nach zwei Richtungen (t' und $t-t'$), wie sie die Renou'-

schen Tafeln fordern, war für das Publicum, für welches meine Sammlnng bestimmt ist, jedenfalls zu schwierig, und ich habe daher das Argument $t-t'$ unmittelbar durch je $0^0,1$ durchgeführt. Ein Gleiches würde ich auch für das Argument t' gethan haben (nach dem Muster von Kupffer's *Tables psychométriques*), wenn dadurch nicht das Volum der Tafel so gewaltig angewachsen wäre, dass unsere Geldmittel für die Publication bei weitem nicht gereicht hätten. Ich bin daher in diesem Argumente Herrn Renou's Beispiele gefolgt, indem ich das t' durch ganze Grade wachsen liess und nebenan die mittlere (verticale) Differenz zweier auf einander folgenden Zeilen angab für $0^0,1$; zur Erleichterung der Interpolation sind jedoch zwei aus dem Buche herauszuschlagende Täfelchen angebracht, mit den Vielfachen aller im Texte vorkommenden verticalen Differenzen, deren Benutzung auch den ungeübtesten Beobachtern wohl aus den P. P. der Logarithmentafeln geläufig sein wird. Da die Bezeichnungen: e'' für die Dunstspannung und $\frac{e''}{e}$ für die relative Feuchtigkeit bei dem Normaldrucke durch Kupffer's Tafeln in Russland die allgemein verbreiteten geworden sind, so habe auch ich diese Bezeichnungen beibehalten zu müssen geglaubt.

Die in obigen Gleichungen hinter den [ ] stehenden Ausdrücke geben die Correctionen der e'' für den herrschenden Luftdruck. Sie sind in einer ersten Correctionstafel mit den Argumenten h (durch je 5^{mm}) und $t-t'$ (durch je $0^0,5$) gegeben und dienen zur Verbesserung der e'' der Haupttafel, wie dieses auch bei Kupffer der Fall ist; da diese Tafel bis $h = 400^{mm}$ geht, so wäre auch hier, zur Vermeidung von Interpolationen, das Argument $t-t'$ durch je $0^0,1$ durchgeführt worden, wenn nicht durch pecuniäre Rücksichten eine möglichste Beschränkung geboten gewesen wäre, zumal da für uns eine zweite Correctionstafel unvermeidlich war, die sich weder bei Kupffer, noch auch bei Renou findet. Es betrifft diese die vom jedesmaligen Luftdrucke abhängige Correction der relativen Feuchtigkeit $\frac{e''}{e}$. Diese Correction wird offenbar:

$$\delta\left(\frac{e''}{e}\right) = -\frac{1}{f}\left\{0{,}000686\,(t-t')\,(h-755)\right\} \text{ für } t' < 0 \quad \text{und}$$

$$\delta\left(\frac{e''}{e}\right) = -\frac{1}{f}\left\{0{,}000800\,(t-t')\,(h-755)\right\} \text{ für } t' > 0, \quad \text{oder,}$$

wenn man die Ausdrücke in den $\{\}$ mit $\delta(e'')$ bezeichnet, wird $\delta\left(\frac{e''}{e}\right) = -\frac{\delta(e'')}{f}$, wo f die der Temperatur t des trocknen Thermometers entsprechende Expansivkraft des Wasserdampfes bedeutet. Diese Correction lässt sich daher zweckmässig in eine Tafel mit zwei Argumenten bringen, von denen das eine die Angabe des trocknen Thermometers t, das andere die in der ersten Correctionstafel mit den Argumenten h und $t-t'$ aufgefundene Correction des Dunstdruckes, $\delta(e'')$, ist. Lässt man $\delta(e'')$ durch je $0^{mm},05$ wachsen, so schien es mir hinreichend, die Temperatur von -30^0 durch je 2 Grade bis $+44^0$ fortzuführen, so lange $\delta(e'')$ nicht über $1^{mm},50$ gestiegen ist; von da ab bis $\delta(e'') = 3^{mm},00$ konnte dieses Argument durch je $0^{mm},10$ wachsen, dafür aber musste die Temperatur von Grad zu Grad, von 0^0 bis $+44^0$, durchgeführt werden. Dass diese an die relative Feuchtigkeit wegen verschiedenen Luftdrucks anzubringenden Correctionen bei uns nicht immer vernachlässigt werden können, mögen einige Beispiele zeigen.

Die erste von den 100 Beobachtungen, welche wir 1850 auf dem Gipfel des grossen Ararat gemacht haben, gab $t = -9^0,0$ C., $t' = -11^0,0$ C. und $h = 410^{mm},11$. Hieraus folgt $e'' = 0,896$ und $\frac{e''}{e} = 39,6$, dazu die Correctionen $\delta(e'') = +0,473$ und $\delta\left(\frac{e''}{e}\right) = +20,9$ gibt den Dunstdruck $= 1^{mm},369$ und die relative Feuchtigkeit 60,5 Procente. Die sonst gewöhnlich vernachlässigte, vom Barometerstande abhängige Correction der relativen Feuchtigkeit hat hier somit diese um mehr als die Hälfte vergrössert, indem sie sie von nicht vollen 40 Procenten auf reichlich 60 Procente brachte. Gleichzeitig wurde auf der meteorologischen Station in Alexandrapol beobachtet: $t = +22^0,4$, $t' = +13^0,9$ C. und $h = 632^{mm},22$, woraus folgt: $e'' = 6,664$, $\frac{e''}{e} = 33,1$, $\delta(e'') = +0,835$ und $\delta\left(\frac{e''}{e}\right) = +4,1$, also Dunstdruck $= 7^{mm},499$ und relative Feuchtigkeit $= 37,2$ Procente. Ohne Berücksichtigung des Barometerstandes erhält man also nur $^9/_{10}$ der wahren Feuchtigkeit. In Lenkoran folgt aus $t = +29,1$, $t' = +24,0$ und $h = 763^{mm},47$, dass $e'' = 19,030$, $\frac{e''}{e} = 63,5$, $\delta(e'') = -0,035$ und $\delta\left(\frac{e''}{e}\right) = -0,1$, somit der Dunstdruck 18,995

und die relative Feuchtigkeit 63,4 Procente. Hätte man mit Kupffer, Renou u. A. den Einfluss des Barometerstandes auf die Bestimmung der relativen Feuchtigkeit vernachlässigt, so wäre man somit zu dem paradoxen Schlusse gekommen, dass am 19. August 1850 Nachmittags der besonnte Schneegipfel des Ararat fast eben so trocken war, als die dürre Hochebene von Alexandrapol, während die Berücksichtigung des Luftdruckes zeigt, dass die Verdunstung des Schnees die Luft relativ fast eben so feucht gemacht hat, als die Verdunstung des Wassers aus dem Caspischen Meere bei Lenkoran.

Ueber die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit.

Von

Sigmund Exner,

stud. med.

(Wiener Sitzungsberichte. LVIII. Bd. III. Heft.)

(Hiezu Tafel XIII und XIV.)

Die tägliche Erfahrung lehrt, dass die Zeit, welche nöthig ist, mittelst des Gesichtssinnes einen Gegenstand wahrzunehmen, je nach Umständen eine höchst verschiedene sein kann. Von der unmessbar kurzen Dauer eines sichtbaren electrischen Funkens bis zur mühsamen Wahrnehmung eines Gegenstandes im nahezu dunklen Raume können alle Mittelstufen vorkommen.

In vorliegender Arbeit suchte ich die Umstände zu finden, von welchen jene kürzere oder längere Zeitdauer bedingt ist, und die Art und Weise zu bestimmen, in welcher dieselbe von jedem dieser Umstände abhängt. Da es sich bei diesen Untersuchungen fast immer darum handelte, das Netzhautbild eines bestimmten Gegenstandes eine sehr kurze aber genau messbare Zeit wirken zu lassen, so will ich, bevor ich zur Mittheilung der Versuche selbst übergehe, die Mittel auseinandersetzen, durch welche ich den besagten Zweck erreichte.

Es diente mir hiezu eine Zusammenstellung zweier von Gehm. Rath Helmholz construirter Apparate, deren erster ein electromagnetischer Rotationsapparat ist, dessen Umdrehungsgeschwindigkeit je nach Bedürfniss vergrössert oder verkleinert werden kann, während sie mittelst eines Selbstregulators in jedem Falle constant erhalten wird, und deren zweiter, von dem ersten in Bewegung gesetzt, den Zweck hat, dem Beobachter einen gewissen Gegenstand abwechselnd zu verdecken und dann wieder eine genau messbare Zeit hindurch sichtbar werden zu lassen, und zwar in der Art, dass er zugleich in allen seinen Theilen verschwindet und wieder auftaucht.

Beschreibung der constante Rotationsgeschwindigkeit erzeugenden electromagnetischen Maschine.

Der electromagnetische Rotationsapparat besteht im Wesentlichen aus zwei horizontalen, mit ihren ungleichnamigen Polen an einer verticalen Axe befestigten Electromagneten, die sich derart zwischen zwei anderen fixirten Electromagneten drehen, dass jeder der ersteren bei einer gewissen Stellung von einem der äusseren Magnete angezogen, von dem andern abgestossen wird, und da, während er seiner Gleichgewichtslage zu, und vermöge seiner Trägheit über dieselbe hinauseilt, sich der Strom in seinem Drahtgewinde umkehrt, wird jeder von den rotirenden Electromagneten nun von dem zweiten fixen Magneten angezogen, und dem ersten abgestossen. Durch fortwährende Wiederholung dieses Spieles kommt eine Rotation zu Stande, deren Constanz durch einen an derselben verticalen Axe befestigten Regulator erhalten wird, welcher bei starker Drehung in Folge der entwickelten Centrifugalkräfte den die beweglichen Electromagneten versehenden Strom unterbricht, um ihn bei Abnahme derselben gleich wieder zu schliessen.

Es ist *a* (Taf. XIII, Fig. 1) die verticale Axe. Sie ist in einem eisernen Galgen (*A*, *A*), der unten mit einem Querbalken (*B*, *B*) versehen auf drei Stellschrauben (*C*, *C*, *C*) ruht, leicht drehbar befestigt, indem ihr unteres konisches Ende in einer ebenfalls konischen eisernen Pfanne, in der Mitte des Näpfchens *b* ruht, und indem ihr gleiches oberes Ende in der Pfanne der Schraube *d*, welche zu besserer Fixation noch mit der Schraubenmutter *e* versehen ist, fest gehalten wird. An dem oberen Theil der Axe ist die runde Scheibe *f* befestigt, die durch die Schraubenmutter *g* fixirt wird. (Die Scheibe kann herausgenommen und durch eine grössere oder kleinere ersetzt werden.) An ihrer Peripherie ist sie mit einer Nute zur Aufnahme eines Fadens versehen.

D ist eine ovale, um ihren Mittelpunct verschiebbare Scheibe aus Hartkautschuk. Sie liegt auf dem unteren Querbalken des Galgens (*A*) auf und trägt zur Befestigung von Drähten die beiden Schrauben *h* und *k*, welche durch die Metallleisten *m* und *n* mit dem im Elfenbeinnäpfchen *b* befindlichen Quecksilber in Verbindung stehen. Dieses Näpfchen ist mit der Scheibe *D* fest verbunden: seine ringförmige Höhlung ist durch zwei Elfenbeinleisten, die in Richtung eines Durchmessers gestellt sind, in zwei gleiche Theile getheilt, so dass das in

demselben befindliche Quecksilber nicht miteinander communicirt, wohl aber seiner kuppelförmigen Erhebung über die Leisten wegen erlaubt, dass die Enden der an der Axe herablaufenden Drähte *o* und *p*, welche durch die Elfenbeinhülle *q*, die die metallene Axe umgibt, von derselben isolirt sind, bei Drehung der Axe abwechselnd in die beiden Quecksilbermassen eintauchen, ohne an die sie trennenden Elfenbeinleisten zu stossen.

Der Regulator ist an einem länglich viereckigen Tischchen (*E*, *E*) angebracht, durch dessen Mitte die mit ihm fest verbundene Drehungsaxe geht. Dasselbe trägt an einer seiner kurzen Seiten ein T-förmiges Metallstück (*r*), welches an seinen beiden Armen die horizontal liegenden Schrauben *t* und *t'* trägt. An diesen Schrauben sind die Arme eines Y-förmigen Metallstückes (*u*), um die horizontale Verbindungslinie der beiden Schraubenpfannen leicht drehbar, befestigt; es trägt an seinem unteren Theile das Gewicht *G*. Von dem horizontalen Schenkel des ersten zu dem verticalen Schenkel des zweiten führt eine Drahtspirale (*i*), welche die Ueberleitung des electrischen Stromes ermöglicht, der vom Electromagneten *H* und der Schraube *v* durch den Draht *w* herkömmt.

Das Gewicht *G* trägt an seiner der Axe zugekehrten ebenen Fläche ein Zäpfchen, das im Zustande der Ruhe an ein durch den Elfenbeinsatz *x* isolirtes Metallplättchen stösst, welches durch die Schraube *y* mit dem Drahte *s*, dem horizontalen unter dem Tischchen verlaufenden Theil des Drahtes *p*, in Verbindung steht.

Mittelst zweier Spiralfedern (von denen auf der Abbildung nur eine sichtbar ist), die an der unteren Seite des Tischchens liegen und fast bis an die zweite kurze Seite des Tischchens reichen, wird das Gewicht *G* an das besprochene Metallplättchen angedrückt. Jede Spiralfeder ist durch eine Schraube (α) mit einem ihrer Enden an das Gewicht befestigt, während das andere an einer quer unter dem Tischchen liegenden Metallleiste (ϑ) befestigt ist, welche mit einer Schraubenmutter versehen, mittelst der fixirten Schraube *L* in der Richtung der Längsaxe des Tischchens verschoben werden kann, wodurch die Spannung der Feder vermehrt oder verringert wird.

Zur genauen Regulirung dieser Spannung hat diese Seite des Tischchens einen Längsschlitz (β), in welchem ein Ansatzwürfel (γ) des unteren Befestigungsstückes der Spiralfedern sich mit demselben hin und herbewegt. Dieser Ansatzwürfel, dessen oberste Fläche mit

der Oberfläche des Tischchens zusammenfällt, trägt eine Marke, welche zur Einstellung auf Theilstriche einer neben dem Schlitze angebrachten Längstheilung dient. Die Theilstriche sind so gewählt, dass bei einer einmaligen Umdrehung der Schraube (L) die Marke um einen Theilstrich verschoben wird.

Zur Bestimmung von Bruchtheilen einer Umdrehung ist an der Schraube (L) noch die in 360 Grade getheilte Scheibe O angebracht, deren Theilstriche sich bei Drehung der Schraube an einer Marke vorbeibewegen, welche an dem rechtwinkelig gebogenen Metallaufsatz η angebracht ist.

An demselben Theile der Axe läuft durch eine senkrechte mit Elfenbein ausgelegte Bohrung die Fortsetzung des Drahtes o, welche die Schraubenklemme t passirend die Windungen des Electromagneten K bildet, von hier aus auf den Electromagneten H übergeht, der von ihr in gleicher Richtung wie K umwunden wird, dann zur Schraube v herabsteigt, und den Draht w bildet. Von diesem geht die Leitung auf den beschriebenen Weg durch das Gewicht G, die Drähte s und p zum Quecksilbernäpfchen.

Es ist zur Verhütung der schädlichen Funken, welche beim jedesmaligen Losreissen des Gewichtes G von dem genannten Metallplättchen entstehen müssten, eine Nebenschliessung angebracht. Zu dem Ende läuft von der Schraube v ein Draht zu einer aus zwei mit $Cl\,Ca$ Lösung gefüllten Glasgefässen μ und ν bestehenden Vorrichtung. Nachdem der Strom in demselben zwischen je zwei Platinblechen die Flüssigkeit passirt, kehrt er durch den Draht σ und die Klemme t zur Hauptleitung zurück. Die Glasgefässchen ruhen auf dem Gestell λ, das am Regulatortischchen befestigt ist. Sie sind durch eine Platte von hartem Kautschuk, welche zugleich die ein- und ausführenden Drähte festhält, zugedeckt. Ihnen gegenüber ist als Gegengewicht ein Stift horizontal an der Axe befestigt, der an einem Schraubengewinde verschiebbar, die Schraubenmutter M trägt.

Die äusseren fixen Electromagneten bestehen aus Eisenkernen, die von den Spiralen X und Y umgeben sind, und an ihren der Axe (a) zugekehrten Enden die hufeisenförmigen Eisenstücke S und N tragen. Die inneren Oberflächen der letzteren, die nahezu einen Kugelgürtel bilden, stehen in geringer Entfernung von den sphärisch abgerundeten äusseren Enden der inneren Electromagneten, ohne sie bei deren Drehung zu berühren.

Der durch den Draht *R* zugeleitete Strom geht mittelst der Schraube 1, die durch das Blättchen von hartem Kautschuk 3 isolirt ist, in den Draht 4 über, der, nachdem er die Elfenbeinröhre 5 passirt hat, die Spirale *Y* bildet. Das Ende dieser Spirale, das durch die Elfenbeinröhre 6 austritt, wird durch die Schraube 7 an den isolirten Metallstreifen *Z* angedrückt. Dieser Metallstreifen verläuft längs des oberen Theiles des Galgens *A* in einer Entfernung von $1^1/_2$ Mm. von demselben, durch die Elfenbeinstifte 8 festgehalten, zur Schraube 9. Von derselben aus geht, wie auf der anderen Seite, ein Draht, der die Spirale *X*, nach derselben Seite wie *Y* gewunden, bildet und an der Schraube 2 endet. An derselben ist der zweite zur Batterie gehende Draht *T* befestigt.

Die Wirkungsweise des Apparates ist kurz folgende: denken wir uns die Drähte *R* und *T* mit einer Batterie in Verbindung gebracht, — es genügt auch vollkommen ein Daniel'sches Element — und zwar steige in *R* der positive Strom auf, so wird, wenn sich der Draht der Spirale *Y* von 5 aus nach oben und vorne wendet, das hufeisenförmige Ende des Electromagneten einen Nordpol bilden, und da derselbe Strom die Spirale *H* in derselben Richtung wie *Y* durchströmt, so wird dessen hufeisenförmiges Ende ein Südpol werden. Der Strom kehrt durch *T* zur Batterie zurück.

Ebenso tritt bei *K* von einer zweiten Batterie — aus 3 oder 4 Daniel'schen Elementen bestehend — ein positiver Strom ein, geht auf den beschriebenen Weg (*n*, *b*, *p*, *s*, *y*, *G*, *u*, *i*, *r*, *w*, *v*) zu dem Electromagneten *H*, umkreist denselben, von seinem äusseren Ende betrachtet, in entgegengesetzter Richtung eines Uhrzeigers, wodurch sein dem äusseren Electromagneten zugekehrter Pol ein Nordpol wird. Er tritt darauf in die Windungen von *K*, und macht hier, da er in derselben Richtung kreist, den äusseren Pol zum Südpol. Auf dem Weg *t*, *o*, *b*, *m* und *h* kehrt er zur Batterie zurück.

Es würden sich in der geschilderten und abgebildeten Stellung der Electromagneten je zwei derselben abstossen; während die inneren ihrer Gleichgewichtslage zu, und vermöge ihrer Trägheit über dieselbe hinauseilen, wechseln die in die Quecksilberbehälter getauchten Drähte *o* und *p*, wodurch der Strom in den Electromagneten umgekehrt, und ihre Pole vertauscht werden, so dass jeder von ihnen wieder von dem äusseren Electromagneten, welcher ihn anzog, abgestossen wird.

Die dadurch entstandene Rotation kann eine gewisse Winkelgeschwindigkeit nicht überschreiten, da das Gewicht *G* sich bei einer gewissen Grösse der Centrifugalkraft von dem beschriebenen Metallplättchen losreisst, dadurch den Strom unterbricht, und so lange nicht wieder schliesst, bis die Rotationsgeschwindigkeit auf ihr bestimmtes Maass herabgesunken ist. Durch Anspannen der Spiralfedern mittelst der Schraube *L* kann die Grösse der Centrifugalkraft, welche das Gewicht abzuheben vermag, somit auch die Rotationsgeschwindigkeit beliebig abgeändert werden. Da die Electromagneten, so wie die Vorrichtungen des Regulatortischchens, selbst als Schwungräder dienen, ist die endliche Rotationsgeschwindigkeit, d. h. diejenige, welche der Apparat erreicht hat, während der Regulator arbeitet, eine sehr constante. Man kann leicht an einem leisen Klappern des auffallenden Gewichtes *G* erkennen, ob der Apparat diejenige Umdrehungsgeschwindigkeit wirklich erreicht hat, bei welcher der Regulator seine Wirkung übt, bei welcher man also der Constanz der Umdrehungsgeschwindigkeit gewiss ist. Dieselbe ist in der That eine sehr genaue:

Nach mir darüber gemachten Mittheilungen von Herrn Geheimrath Helmholz ist es diesem bei sorgfältiger Regulirung des Apparates gelungen, eine mit demselben durch den Schnurlauf verbundene Sirene in so regelmässiger Rotation zu erhalten, dass dieselbe mit einer gleichzeitig tönenden Stimmgabel ganz regelmässige Schwingungen gab und in mehreren Versuchsreihen von je 5 Minuten die Schwingungszahl nicht um $^1/_{4000}$ ihrer Grösse wechselte. Um einen so regelmässigen Gang zu erreichen, muss man die Stromesstärke so reguliren, dass sie nur sehr wenig über den Punct hinausgeht, wo sie gerade zureicht, die Bewegung des Apparates zu unterhalten. Die Sirene wurde bei diesen Versuchen nicht angeblasen, sondern es war auf ihrer rotirenden Scheibe eine kleine Turbine aufgesetzt, die den Luftstrom erzeugte.

Beschreibung des Apparates zur Unterbrechung des Lichteindruckes.

Der zweite der Apparate besteht im Wesentlichen aus zwei parallel gestellten kreisförmigen Scheiben, deren Mittelpuncte in derselben auf die Ebene der Scheiben senkrechten Geraden liegen. Beide besitzen einen Ausschnitt und sind um ihren Mittelpunct drehbar, und zwar wird die Rotation der einen Scheibe mittelst Zahnräder auf die

andere übertragen. Da sie ungleiche Umdrehungsgeschwindigkeit haben, so werden zu bestimmten Zeiten die Ausschnitte der beiden Scheiben, in derselben der Drehungsaxe parallelen Richtung liegen. Dem passend gestellten Auge des Beobachters werden also nach je einer bestimmten Anzahl von Umdrehungen die beiden Ausschnitte coïncidiren und einen in ihrer Richtung aufgestellten Gegenstand sichtbar werden lassen. Derselbe bleibt nur so lange sichtbar, als es die Spaltbreite der schneller rotirenden Scheibe erlaubt. Damit er nicht zubald wieder sichtbar wird, verdeckt nach einer Umdrehung derselben die zweite Scheibe das Bild. Die Dauer der Sichtbarkeit lässt sich aus der bekannten Winkelgeschwindigkeit der Scheiben und der Grösse ihrer Ausschnitte berechnen.

Ein System von Linsen dient dazu, den beobachteten Gegenstand um ein Weniges zu vergrössern, und von den Grenzen des einen der Ausschnitte ein so starkes Zerstreuungsbild zu entwerfen, dass dadurch, bei Vorrücken derselben vor den Gegenstand, dieser scheinbar in allen seinen Theilen zugleich und binnen möglichst kurzer Zeit verschwindet, und in derselben Weise wieder auftaucht.

Auf einem Brette (Taf. XIII, Fig. 2) sind drei Axenlager befestigt; zwischen je zwei derselben ruht leicht drehbar eine eiserne Axe (*A* und *B*). Die Axe *A*, die so wie *B* an dem mittleren Axenlager mit konischen Enden in konischen Vertiefungen ruht, ist an dem äusseren hinteren Axenlager *E* (die Abbildung zeigt den Apparat von der Seite und hinten) in gleicher Weise durch die Schraube *a* befestigt, die noch mit der Schraubenmutter *b* versehen ist. Nahe diesem Ende trägt sie die eine der beiden mit Ausschnitten versehenen Scheiben *M*.

Der Ausschnitt (*c*) dieser Scheibe wird einerseits gebildet durch die geraden Begrenzungslinien zweier Halbkreise aus steifem Papier, die um die Drehungsaxe, in welcher ihre Centra liegen, verschiebbar sind, andererseits durch einen Theil der Peripherie zweier congruenter runder Messingscheiben, zwischen welchen jene Halbkreise eingeklemmt sind.

Die vordere dieser beiden Klemmscheiben ist fest mit der Axe (*A*) verbunden und trägt an der Peripherie ihrer Vorderseite eine Gradeintheilung. Die hintere derselben (*D*) ist an der Axe verschiebbar, und kann durch die Schraubenmutter (*d*) an die vordere angepresst werden. Zwischen dieser Schraubenmutter und der beweglichen

Scheibe (*D*) ist noch eine ebenfalls an der Axe verschiebbare Drehscheibe (*f*) eingeschaltet, die an ihrer Peripherie in einer Nute einen Faden aufnehmen kann. Auch sie wird durch die Schraubenmutter (*d*) fixirt.

Senkrecht unter dieser Drehscheibe — zwischen und hinter den beiden Schenkeln des Axenlagers *E* — sitzen auf dem Brette zwei, um eine horizontale Axe drehbare Rollen, *h* und *k* auf, die ebenfalls mit Nuten versehen sind. (Sie sind zur bequemeren Handhabung auch um eine verticale Axe (*g*), die aber nicht in gleicher Ebene mit der horizontalen liegt, drehbar.) Bei Gebrauch der Apparate geht eine Schnur ohne Ende von der Scheibe *f* zu der Rolle *K*, von dieser zu der Scheibe *f* des Rotationsapparates, und über die Rolle *h* wieder zurück. Die Drehung des Rotationsapparates wird somit auf die Axe *A* übertragen.

An ihrem anderen Ende trägt dieselbe das kleine Zahnrad *F*, das in das Zahnrad *G* eingreift, dessen Peripherie viermal grösser als jene von *F* ist. *C* hat gemeinschaftliche Drehungsaxe mit *H*, dessen Peripherie wieder dreimal so klein ist wie jene des Zahnrads *K*, das an der Axe *B* haftet.

Während also die Axe *A*, und ihre Scheibe *M* zwölf Umdrehungen macht, macht die Axe *B* und ihre Scheibe *N* eine Umdrehung.

Diese Scheibe *N*, die mit dem Ausschnitt *l* versehen ist (zur Herstellung des Gleichgewichtes sind zum Ersatz der ausgeschnittenen Metallplatte neben dem Ausschnitt zwei grosse Schraubenköpfe angebracht), dreht sich vor einem Spalt, der beliebig erweitert werden kann.

Zu dem Ende sind an dem vorderen Axenlager, das mittelst der Schraube *o* (Taf. XIII, Fig. 3) die Axe *B* trägt, zwei metallene Kreissectoren angebracht, deren breiterer und hinterer *p* fixirt ist, und deren schmälerer und vorderer *q* um die Axe *B*, in welcher die Mittelpuncte der den beiden Sectoren zugehörenden Kreise liegen, drehbar ist; der Spalt des Sectors *p* wird zum Theil durch den Sector *q* verdeckt; letzterer wird einerseits durch die Feder *r*, andererseits durch die Schraube *s* in seiner Lage erhalten. Da das Metallstück *v*, das die Schraubenmutter für *s* enthält an *p*, das Metallstück *w* aber, an welches die Spitze der Schraube *s* stösst, an *q* befestigt ist, so wird bei Drehung der Schraube der unverdeckte Theil des Spaltes *x* vergrössert oder verkleinert.

Das mittlere Axenlager besitzt einen Aufsatz, der in Gabeln den Tubus *P* (Taf. XIII, Fig. 2) trägt, an dessen Enden verschiebbar zwei Sammellinsen angebracht sind, deren gemeinschaftliche optische Axe parallel den Drehungsaxen *A* und *B* in gleicher Höhe mit den Ausschnitten der beiden Scheiben (*M* und *N*) liegt.

Die beiden Linsen *m* und *n* haben die gleiche Brennweite, sie beträgt ein Viertheil der Entfernung der beiden Scheiben *M* und *N*. Die Linsen sind so gestellt, dass die Entfernung der Scheibe *M* von der Linse *m*, die Entfernung dieser von der Mitte des Tubus *P*, ferner die Entfernung der Linse *n* von dieser Mitte, endlich die Entfernung von *n* bis zum Spalt *l* gleich gross sind, somit der hintere Brennpunct der Linse *m* in die Ebene des Spaltes *c*, der vordere Brennpunct derselbe zugleich mit dem hinteren der Linse *n* in die Mitte des Tubus *P*, und der vordere Brennpunct von *n* in die Ebene des Ausschnittes *l* fällt.

Dicht vor dem Spalte *x* (Taf. XIII, Fig. 3) ist ein kleines Fernrohr aufgestellt, das nur wenig vergrössert und auf unendliche Entfernung eingestellt ist. (Dieses Fernrohr ist der Einfachheit wegen auf der Abbildung weggelassen.)

Durch diesen optischen Theil des Apparates ist bewirkt, dass das Bild eines fernen (nehmen wir an in unendlicher Entfernung befindlichen) Gegenstandes, der sich in der Verlängerung der optischen Axen von *m* und *n* befindet, wenn die beiden Scheibenausschnitte ihre höchste Stellung einnehmen, durch die Linse *m* in deren Brennpunct, von diesem, da er zugleich jener von *n* ist, in unendliche Entfernung geworfen wird, und als solches durch das Fernrohr betrachtet werden kann.

Dreht sich die Scheibe *M* so weit, dass der Rand der Papierscheibe in die optische Axe fällt, so wird von diesem, da er im Brennpunct von *m* liegt, mittelst der Linse *n* ein Bild in der Ebene des Spaltes *l* entworfen, das durch das Fernrohr betrachtet ein Zerstreuungsbild gibt, welches als ein gleichförmiger Nebel den entfernten Gegenstand bedeckt, und bei weiterer Drehung verschwinden macht. Da dieses Bild des Spaltendes in der Ebene der Pupille des beobachtenden Auges liegt, so wird die Zeit, welche vom Beginne bis zum vollendeten Verdecken des beobachteten Gegenstandes vergeht, gleich sein der Zeit, welche das Bild braucht, um eine der Breite der Pupille gleiche Strecke zurückzulegen, so dass durch diese Einrichtung auch

die Zeitdauer der Verdeckung des Beobachtungsgegenstandes möglichst klein gemacht wird.

Bei den mitzutheilenden Beobachtungen wurde die Messung der Zeit, durch welche der Beobachtungsgegenstand sichtbar war, in der Art vorgenommen, dass der Spalt der hinteren Scheibe bei dem Theilstrich ihrer Eintheilung begann, der bei Drehung der Scheiben in dem Momente die oberste Stellung einnahm, in welchem der entsprechende Rand des vorderen Scheibenausschnittes den Spalt (x) abdeckte. Dieser Theilstrich war mit Θ bezeichnet. Von diesem Theilstrich an konnte ich, durch Verschiebung und verschiedene Combinationen jener eingeklemmten Papiersectoren, eine beliebig grosse Anzahl Grade frei lassen, ja ich konnte den Spalt gleichsam um die ganze Scheibe herumgehen lassen, d. h. die Papiersectoren ganz entfernen, da der Ausschnitt der vorderen Scheibe gerade ein Zwölftheil ihrer Peripherie beträgt, somit die hintere Scheibe gerade eine Umdrehung macht, während der Spalt offen ist. Aus der Anzahl der offenen Grade (also der Breite des Spaltes) der hinteren Scheibe und ihrer Umlaufszeit kann man leicht die Dauer der Sichtbarkeit des Gegenstandes berechnen.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit dieser hinteren Scheibe beurtheilte ich nach der Anzahl der Umdrehungen der vorderen Scheibe innerhalb zweier Minuten. Es lässt sich aus den gegebenen Daten die Zeit des Vorübergehens einer gewissen Anzahl von Graden der hinteren Scheibe an der Oeffnung des Tubus P ein für allemal durch den Bruch $\frac{a}{36.\,b}$ ausdrücken, in welchem a die Anzahl der vorübergehenden Grade und b die Anzahl der Umdrehungen der vorderen Scheibe binnen zweier Minuten bedeuten. Diese Zeit ist in Secunden ausgedrückt.[1])

Zeitlicher Verlauf des Gesichts-Eindruckes.

Bevor ich mich zur Besprechung der modificirenden Umstände eines Gesichtseindruckes von sehr kurzer Dauer wende, will ich vorerst mittheilen, was mir über die Art eines solchen Eindruckes überhaupt zu ermitteln gelungen ist.

Da zur Erreichung eines bestimmten Grades der Veränderung im

1) Die beschriebenen Apparate sind von dem Mechaniker L. Zimmermann in Heidelberg ausgeführt.



Zustande der Netzhaut (der Reizung) eine gewisse Quantität der verändernden Kraft (des Reizmittels) nöthig sein muss, so wird diese Kraft erst nach einer bestimmten Zeit das Maximum ihrer Wirkung hervorgebracht haben. Nach Erreichung des Maximums muss die Intensität der Reizung in Folge der eintretenden Ermüdung der Netzhaut wieder abnehmen.

Es wird demnach der Zustand der Reizung der Netzhaut in der ersten Zeit der Einwirkung des Reizmittels durch eine Curve auszudrücken sein, die — wenn die horizontalen Coordinaten die Dauer der Einwirkung, die verticalen die Intensität der Reizung nach dieser Dauer ausdrücken — einen kurzen aufsteigenden Ast, ein Maximum und einen langen absteigenden Ast besitzen muss.

Dass die Curve wirklich von einem gewissen Puncte an abfällt, zeigt sich zunächst dadurch, dass zwei Netzhautstellen, auf welche gleich starke Reizmittel nicht gleich lange eingewirkt haben, verschieden intensive Eindrücke liefern.

Lasse ich zum Beispiel mittelst der besprochenen Apparate das Bild eines weissen Kreises auf schwarzem Sammt eine gewisse Zeit auf mein Auge wirken, und dann durch das Vorrücken der hinteren Scheibe, welche ein Weiss von derselben Intensität liefern soll, verdecken, so bleibt im hellen Gesichtsfelde ein negatives Nachbild des weissen Kreises zurück.

In der That: wenn $a\ b$ (Fig. 4, Taf. XIII) die Reizungscurve für die erstgereizte Netzhautstelle ist, und $a_1\ b_1$ dieselbe für die später gereizte, so müssen dieselben, welche Gestalt sie auch immer haben mögen, congruent sein, da sie durch gleiche Reizmittel — und natürlich auch sonst unter gleichen Umständen — erzeugt sind; würden sie nicht abfallen, sondern längs der Linie $m\ h$ verlaufen, so würde von n an kein Unterschied im Reizungszustand der beiden Netzhautstellen vorhanden sein. Sie fallen aber in Wirklichkeit ab, und Folge davon ist, dass z. B. in $c\ d$ die Curve, welche später begann, höher, jene, welche früher begann, niedriger ist. Es muss also die Netzhautstelle, welche $a\ b$ lieferte, trotzdem, dass auf sie dasselbe Reizmittel wirkt, wie auf die andere, weniger intensiv empfinden, d. h. der Gegenstand muss im negativen Nachbild erscheinen. Natürlich muss hiebei der Zeitunterschied des Anfangs der Curven kein zu geringer sein.

Es ist, wenn es sich um Wahrnehmung eines Bildes binnen sehr kurzer Zeit handelt, das positive Nachbild desselben von wesentlicher

Bedeutung, da es seiner langen Dauer wegen eine selbst geringe Erregung zum Bewusstsein bringen kann. Man kann sich hievon leicht überzeugen, wenn man einen Eindruck, etwa wie früher durch einen weissen Kreis geliefert, auf welchem durch Vorrücken der Scheibe ein grelles Weiss folgt, so kurz wirken lässt, dass das betreffende Bild nicht wahrgenommen wird. Ersetzt man dann das grelle Weiss durch Schwarz, so dass das positive Nachbild sich entwickeln kann, so ist er vollkommen deutlich wahrnehmbar: Diesen Umstand benütze ich zur zeitlichen Bestimmung des Maximums der Curven bei verschiedenen Reizungsintensitäten.

Wenn nämlich wie vorher auf zwei gleichartigen Stellen der Netzhaut gleichartige Reize ausgeübt werden, so müssen die den Verlauf der Reizung darstellenden Curven congruent sein; erfolgt aber die Reizung in der zweiten Netzhautstelle ein Weniges später als in der ersten, so muss der Moment, in welchem beide Reizungscurven gleiche Höhe erreicht haben, wegen der jedenfalls langsamen Senkung der ersten Curve hinter ihrem Maximum, nahezu dem Maximum der zweiten Curve entsprechen.

Es sei *acα* (Fig. 5, Taf. XIII) der Anfang einer Reizungscurve; nachdem dieselbe eine gewisse Höhe erreicht hat, beginne bei *bd* eine ihr congruente Curve *bcβ*, beide mögen sich in *c* schneiden. In diesem Durchschnittspuncte wird allerdings die Curve *acα* ihr Maximum schon überschritten, die Curve *bcβ* jedoch ihr Maximum noch nicht erreicht haben, doch muss der durch die Annahme des Durchschnittspunctes als Maximum der zweiten Curve bedingte Fehler, wenn nur die zwischen Beginn der beiden Curven vergehende Zeit eine gewisse Grösse nicht überschreitet, so gering sein, dass er hier nicht in Betracht kommen kann.[1])

Erfolgt nun gleichzeitig in beiden Netzhautstellen eine Unterbrechung des Reizes vor dem Durchschnittspuncte der beiden Curven

1) Da nämlich der Durchschnittspunct jedenfalls zwischen den beiden Maximis liegt, der Zeitunterschied zwischen diesen beiden aber jenem zwischen dem Beginn der beiden Curven gleich sein muss, so würden, wenn die Curven an ihren Gipfeln Kreisbogen wären, der vernachlässigte Fehler, nach den später mitgetheilten Werthen für den Zeitunterschied des Beginnes der Curven zwischen 7 und 9 Tausendtheilen einer Secunde liegen. Bei der wahren Gestalt der Curven muss sich dieser Fehler aber noch um Bedeutendes verringern, so dass er füglich vernachlässigt werden kann, um so mehr, da er sich in den betreffenden Versuchsreihen nicht addirt.



z. B. bei $f\ g$, so haben die auf den beiden Stellen der Netzhaut zuzückbleibenden positiven Nachbilder der reizenden Objecte verschiedene Intensität, wie die Curven $m\ \mu$ und $n\ \nu$ versinnlichen sollen, tragen somit wesentlich zur Wahrnehmung des Beobachtungsgegenstandes bei, wenn derselbe selbst nur kurze Zeit auf das Auge wirkte.

Wenn demnach bei vollem Ablauf der Curven ein Unterschied der Reizung der beiden Netzhautstellen nur schwer oder gar nicht wahrzunehmen ist, so wird der Unterschied viel deutlicher hervortreten, wenn in einem Momente, in welchem die Curven noch einen bedeutenden Höhenunterschied haben, die Reizung abgeschnitten wird.

Durch die zeitliche Verschiebung des Momentes der Unterbrechung muss sich ermitteln lassen, nach Ablauf welcher Zeit das Unterbrechen der Reize kein Deutlicher-Werden ihrer Differenzen im Sinne des positiven Nachbildes des Beobachtungsgegenstandes mehr erkennen lässt. Es wird dies bei $c\ h$ sein. Die Nachbilder werden nahezu nach derselben Curve $c\ \gamma$ abfallen.

Eben so lässt sich von der entgegengesetzten Seite her die Lage des Durchschnittspunctes der beiden Curven bestimmen. Schneidet man nämlich die Reizung hinter diesem, etwa bei $e\ k$ ab, so erscheint in Folge der Nachbildscurven $p\ \pi$ und $r\ \varrho$ ein negatives Nachbild des Beobachtungsgegenstandes.

Durch Vorrücken des Unterbrechungsmomentes ek gegen den Beginn der Curven hin kann man den Punct aufsuchen, bei welchem das negative Nachbild nicht mehr zum Vorschein kömmt; es muss dieser ebenfalls bei $c\ h$ liegen.

Da in Wirklichkeit wegen des geringen Abstandes der Curven in der Nähe ihres Durchschnittspunctes das Verfolgen des positiven und negativen Nachbildes bis zu denselben nicht mit vollkommener Genauigkeit ausgeführt werden kann, so erhält man verhältnissmässig enge Grenzen, zwischen welchen der gesuchte Durchschnittspunct liegt.

Die Ausführung des Versuches war folgende:

Das runde Sehfeld meines Fernrohrs schien längs des verticalen Durchmessers in zwei Halbkreise getheilt, deren einer schwarz, der andere weiss war; ein Schirm aus schwarzem Sammt, halb mit weissem Papier bedeckt, diente zu diesem Zwecke.

Der Spalt c der Scheibe M war an der Seite, die den Gegenstand verdecken sollte, durch eine Scheibe von weissem Papier gebildet. Dieselbe wurde so beleuchtet, dass wenn sie dem durch das

Fernrohr sehenden Beobachter das Sehfeld erfüllte, ihre Intensität jener des (natürlich unter denselben Umständen geschehenen) Halbkreises gleich erschien.

Dieser weisse Theil der Scheibe konnte durch Ueberschieben schwarzer Sectoren beliebig verkleinert werden.

Bei Bewegung des Apparates wurde also zuerst der weisse Halbkreis (d. i. die eine Hälfte des Sehfeldes) sichtbar, darauf wurde durch Vorrücken der Scheibe das ganze Sehfeld weiss, und nach Vorbeigang des weissen Theils der Scheibe wieder vollkommen verdunkelt.

Bei Vornahme einer Bestimmung wurde nun, während zuerst nur weisse Sectoren die Scheibe bildeten, diejenige Grösse des Spaltes gesucht, bei welcher man — bei bestimmter Rotationsgeschwindigkeit — den Halbkreis eben nicht mehr wahrnahm.

War dies geschehen, so wurden, natürlich unter Beibehaltung der Grösse des Spaltes, die schwarzen Sectoren eingeschoben und anfangs so weit über das Weiss gegen das Ende hin vorgerückt, dass bei Rotation des Apparates der zu beobachtende Halbkreis deutlich sichtbar wurde, und dann durch allmählige Entfernung des Schwarz vom Ende des Spaltes (also Vergrösserung des weissen Theiles der Scheibe) der Punct gesucht, bei welchem der Halbkreis nicht mehr sichtbar war.

Eben so ward, nachdem die schwarzen Sectoren so weit vom Spalt entfernt wurden, dass ein deutliches negatives Nachbild des weissen Halbkreises zum Vorschein kam, durch allmählige Annäherung derselben an den Spalt wieder der Punct gesucht, bei welchem das negative Nachbild nicht mehr zum Vorschein kam.[1])

Der Moment der Abdeckung des weissen Halbkreises durch die rotirende Scheibe *N* entspricht dem Beginne der ersten Curve, das Vorrücken der Scheibe *M*, also das Auftreten des ergänzenden Halbkreises dem Beginne der zweiten Curve, und die Momente, in welchen einerseits kein positives, andererseits kein negatives Nachbild, bei Unterbrechung der Reizung durch Schwarz mehr wahrgenommen wird, den Grenzen, zwischen welchen der Durchschnittspunct der Curven liegen muss. Die Länge des auf der Scheibe angebrachten Weiss

1) Dieses negative Nachbild ist begreiflicher Weise nicht sehr deutlich; es erschien bei meinem Beobachtungsgegenstand immer als ein heller verticaler Streifen der durch Contrast besonders hervortretenden Grenze zwischen dem schwarzen und weissen Halbkreis entsprechend.



repräsentirt also die Zeit, die zwischen Beginn der zweiten Curve und diesen Grenzen vergeht.

Nach dieser Methode untersuchte ich die Zeitverhältnisse der Erreichung des Maximums bei verschiedenen Reizungs-Intensitäten, und zwar wurden Intensitäten angewendet, die in einer geometrischen Progression, deren Coëfficient 2 war, zunahmen.[1])

Um diese Beleuchtungsintensitäten zu erhalten, wurde der oben bezeichnete weisse Halbkreis, dem anfangs eine grelle Beleuchtung ertheilt war, mittelst doppeltbrechender Kalkspathprismen betrachtet, so, dass längs seiner verticalen Begrenzungslinie ein grauer Streifen, ein Theil seines Doppelbildes, sichtbar wurde, der die halbe Intensität des ursprünglichen Halbkreises besass. Der weisse Theil der Scheibe, der anfangs die Intensität des Halbkreises hatte, wurde nun so beleuchtet, dass er mit jenen Streifen gleiche Intensität zeigte und nun entsprechend seiner Helligkeit die Helligkeit des Halbkreises selbst herabgesetzt, so dass dieser auf seine halbe Helligkeit reducirt war. Durch Wiederholung dieser Manipulation ward eine Intensitätsreihe hergestellt, in welcher jedes Glied die Hälfte des vorhergehenden war.

Die für zwei Versuchsreihen gefundenen Resultate sind:

Intensitäten	Zeitunterschied zwisch. Beginn d. beid. Curven	Grenze des positiven Nachbildes	Grenze des negativen Nachbildes	Mittel d. Grenz. als Durchschnittspuncte d. Curven	Differenzen
1.	0.0182	0.2777	0.2984	0.2873	
					0.0413
2.	0.0174	0.2333	0.2603	0.2460	
					0.0460
4.	0.0174	0.1934	0.2063	0.2000	
					0.0492
8.	0.0174	0.1455	0.1555	0.1508	

Intensitäten	Zeitunterschied zwischen Beginn der beiden Curven	Mittel als Durchschnittspunct der Curven	Differenzen
1.	0·0193	0·2654	
			0·0478
2.	0·0185	0·2176	
			0·0432
4.	0·0145	0·1744	
			0·0556
8.	0·0169	0·1188	

1) Es hat schon Brücke (Ueber den Nutzeffect intermittirender Netzhautreizung, Wiener Akad. d. Wiss. Bd. XLIX) in einem speciellen Fall die Zahl der höchsten Reizungsintensität auf andere Weise bestimmt, und dieselbe 0.186 Sek. gefunden.

Da die Differenzen zwischen je zwei für die Erreichung des Maximums (bezüglich des Durchschnittspunctes) der Curven erhaltenen Zahlenwerthe nahezu gleich sind, ihre Abweichungen ganz wohl als Versuchsfehler bezeichnet werden können, so sprechen die erhaltenen Resultate das Gesetz aus:

Wenn die Reizungs-Intensitäten in geometrischer Progression wachsen, so nehmen die Zeiten, die zwischen Beginn der Reizung und ihrer höchsten Intensität verlaufen, in arithmetischer Progression ab.

Mit Hilfe dieses Mittels, den Zeitpunct des Maximums der Reizung zu bestimmen, gelang es mir, die ganze Reizungs-Cure zu construiren.

Auf die Methode, durch welche ich dies erreichte, führte mich folgende Betrachtung:

Wenn das Netzhautbild eines hell beleuchteten weissen Gegenstandes gerade so lange auf die Netzhaut wirkt, bis die Reizung ihr Maximum erreicht hat, und es tritt dann an seine Stelle Schwarz, so wird der Gegenstand in einem Weiss von gewisser Intensität gesehen, und zwar kömmt, wie bereits auseinandergesetzt, die Wahrnehmung vorzüglich durch die relativ lange Wirkung des positiven Nachbildes zu Stande.

Schneidet man aber die Reizung durch das folgende Schwarz ab, bevor sie ihre höchste Intensität erreicht hat, dann wird der Gegenstand natürlich in einem Weiss von geringerer Intensität erscheinen.

Es sei *cb* (Fig. 6, Taf. XIII) der Anfang einer Reizungscurve, die bei *m n* durch Schwarz in ihrem Verlauf unterbrochen, in die abfallende Intensitätscurve des Nachbildes übergeht; *b β* sei diese abfallende Curve.

Es muss nun noch eine andere Reizungscurve *a b* von einem weniger hell beleuchteten Objecte geben, die, wenn sie bei *b* durch Schwarz in ihrem Verlaufe unterbrochen wird, daselbst eben ihr Maximum erreicht hat.

Dieselbe muss dann auch eine Curve für das Nachbild geben, die wenigstens sehr annäherungsweise mit der Curve *b β* zusammenfällt. Da man den Gegenstand hauptsächlich durch die Wirkung des Nachbildes wahrnimmt, so wird man, wenn die beiden Gegenstände gleich hell erscheinen, schliessen können, dass die Reizungscurven wirklich in *b* zusammstiessen.

Gesetzt es würden zwei benachbarte (also leicht vergleichbare)

Stellen der Netzhaut derart durch das Bild zweier verschieden erhellter Gegenstände gereizt, dass in der ersten die Reizungscurve, deren Anfang *a b* ist, in der zweiten diejenige, deren Anfang *c b* ist, den Verlauf der Reizung ausdrückt, gesetzt ferner, dass die Zeit, nach welcher *a b* ihr Maximum erreicht, und dieses Maximum selbst gegeben wäre, so würde man die Zeit bestimmen können, welche verlaufen muss, bis die Reizung in der zweiten Stelle der Netzhaut die Intensität erreicht hat, die dem Maximum der Reizung der ersteren gleich ist.

Wird nämlich die Curve, deren Anfang *a b* ist, in *b* durch *m n* abgeschnitten, so erscheint der Gegenstand in einer gewissen Intensität. Wenn man nun zugleich auf der anderen Stelle der Netzhaut den Reiz wirken lässt, dessen anfänglichen Verlauf die Curve *c b* ausdrückt, und wenn man diese Curve bei *e* beginnen liesse, so würde, da sie zur selben Zeit wie die erste Curve abgeschnitten wird, der ihr angehörende Gegenstand in Folge der Curve *f α* heller erscheinen. Würde die Reizung erst später, z. B. bei *g* beginnen, so würde der Gegenstand in Folge von *h γ* dunkler erscheinen als der Gegenstand der ersten Curve.

Es lässt sich demnach die Zeit *c n* bestimmen, nach welcher ein Reiz eine gewisse Intensität *n b* erreicht, wenn die Zeit gegeben ist, nach welcher eine Reizung, deren höchste Intensität *n b* ist, diese höchste Intensität erreicht.

Diese Zeit ist aber, wie wir sahen, bestimmbar.

Indem ich dem zweiten der Beobachtungsgegenstände eine ziemlich grosse constante Intensität der Beleuchtung gab, ertheilte ich dem ersten derselben nach einander bestimmte Bruchtheile der Intensität des zweiten, und konnte nun auf die beschriebene Weise bestimmen, wie lange der zweite heller beleuchtete in jedem Falle wirken musste, damit er denselben Effect hervorbringe, den der erste schwächer beleuchtete hervorgebracht hatte, wenn er jedesmal eben bis zur Erreichung der höchsten Intensität gewirkt hatte; dadurch fand ich die Zeiten, die verlaufen mussten, bis die Curve des zweiten Gegenstandes bekannte Höhen erreichte, also die horizontalen Coordinaten zu bekannten verticalen.

Den absteigenden Ast der Curve bestimmte ich im Wesentlichen nach derselben Methode. Nur beginnt hier natürlich die Hilfscurve nach dem Anfang der zu bestimmenden Curve.

Der Versuch wurde für den aufsteigenden Ast der Curve auf folgende Weise ausgeführt:

Das kreisförmige Sehfeld meines Apparates liess mich auf einem Schirm von schwarzem Sammt einen Quadranten von weissem Papier sehen, dessen rechter Winkel im Mittelpunct des Sehfeldes lag. Ein eben solcher Schirm, der seitlich aufgestellt war, und ebenfalls einen weissen Quadranten trug, wurde mittelst eines rechtwinkligen spiegelnden Primas gesehen, das dicht hinter der Scheibe *M* meines Apparates aufgestellt war, und dessen Höhe etwa die halbe Höhe des Spaltes betrug.

Auf diese Weise sah ich über das Prisma hinweg den Quadranten des in gerader Richtung aufgestellten Schirmes, und durch das Prisma gespiegelt den Quadranten des seitlich gestellten Schirmes.

Die Quadranten hatten eine solche Lage, dass mein Sehfeld durch einen horizontalen und einen verticalen Durchmesser in vier gleiche Theile getheilt erschien, deren zwei weiss und zwei schwarz waren, und je zwei gleichfärbige einen Scheitelwinkel bildeten.

Diese beiden Quadranten dienten als Beobachtungsgegenstände. Der seitlich gestellte behielt immer dieselbe Intensität, da er die zu bestimmende Curve liefern sollte, während der gerade gesehene Quadrant die Hilfscurven geben sollte.

Um die Dauer der Sichtbarkeit beider Quadranten unabhängig von einander abändern zu können, war zwischen den beiden halbkreisförmigen Scheiben aus schwarzem Sammt, die den Spalt *c* bildeten, noch eine Scheibe eingeschoben, deren Radius aber nur so gross war, dass dieselbe das Prisma und somit nur das durch dasselbe gespiegelte Bild verdecken konnte; sie war so gestellt, dass das Prisma später abgedeckt wurde als der übrige Theil des Sehfeldes.

Es ward also bei Drehung der Scheibe zuerst der gerade gesehene Sector sichtbar.

Die Dauer seiner Sichtbarkeit ward in jedem Falle durch Verschiebung der Sammt-Scheiben so gross gemacht, dass die durch ihn erzeugte Reizung der Retina eben ihr Maximum erreichte.

Nach dem Auftauchen dieses Sectors wurde durch die kleinere Scheibe das Prisma, also der andere Sector abgedeckt; durch Verschiebung der kleinen Scheibe innerhalb des Spaltes, den die grossen bildeten, wurde diejenige Lage der ersteren gesucht, bei welcher die beiden Sectoren, die durch das Vortreten des zweiten Randes des

Spaltes zugleich verdeckt wurden, gleich hell erschienen. Der Entfernung (Ausschnittsbreite) der beiden grossen Scheiben ist also die Wirkungsdauer der Hilfscure, der Entfernung der kleinen Scheibe von der zweiten grossen Scheibe, also dem Ende des Spaltes, ist die Wirkungsdauer der zu bestimmenden Curve proportional.

Jeder der beiden Sectoren war durch eine Gaslampe beleuchtet; um den Gasdruck möglichst constant zu erhalten, ging von beiden Gasschläuchen eine Nebenleitung zu einem Manometer, der durch eine Marke den einmal gewählten Gasdruck anzeigte und eine Regulirung bei Schwankungen des Druckes ermöglichte. Die Lampe, welche den seitlich gestellten Sector beleuchtete, blieb immer am selben Orte, die, welche den geradeaus gestellten Sector beleuchtete, ward zur Aenderung der Intensität der Beleuchtung längs einer geraden Linie verschoben. (Jedes fremde Licht war natürlich bestmöglichst ausgeschlossen.)

Die letztere Lampe ward zuerst in eine solche Entfernung gestellt, dass die beiden Sectoren, dauernd gesehen, gleich hell erschienen, dann wurden die Entfernungen berechnet, die man derselben vom Sector aus geben musste, damit derselbe jedesmal $^1/_{10}$ seiner ursprünglichen Helligkeit verliere.

Nachdem für jeden dieser Fälle die Zeit bestimmt war, nach welcher die jedesmalige Helligkeit des Sectors das Maximum der Reizung bewirkt hatte, wurde die Zeit gesucht, nach welcher der seitlich gestellte hellere Sector dieselben Grade der Reizung hervorgebracht hatte, d. h. gleich hell erschien.

Ich bekam demnach eine Zahlenreihe, deren erstes Glied mir die Zeit angab, nach welcher die Reizung $^1/_{10}$ ihrer vollen Intensität erreicht hatte, deren zweites Glied mir die Zeit für $^2/_{10}$ derselben angab u. s. w.

Die gefundene Tabelle ist folgende:

Erreichte Intensität	Nach Wirkungsdauer von	Erreichte Intensität	Nach Wirkungsdauer von
$^1/_{10}$	0·0081 Sec.	$^6/_{10}$	0·058 Sec.
$^2/_{10}$	0·023 „	$^7/_{10}$	0·081 „
$^3/_{10}$	0·037 „	$^8/_{10}$	0·104 „
$^4/_{10}$	0·040 „	$^9/_{10}$	0·127 „
$^5/_{10}$	0.049 „	1	0.166 „

Um den absteigenden Ast der Curve zu bestimmen, blieb der Apparat im Wesentlichen in der geschilderten Aufstellung, nur das spiegelnde Prisma wurde so mit seiner oberen Grundfläche an einem Gestell befestigt, dass sein Spiegelbild den oberen Theil des Gesichtsfeldes einnahm, während der gerade gestellte Quadrant unter dem Prisma hindurch gesehen wurde.

Die Lage der Quadranten und die Stellung der eingeschobenen Sammtscheiben musste natürlich auch entsprechend geändert werden.

Nun bestimmte ich wieder die Zeit, welche vom Beginn der Curve an vergehen musste, bis dieselbe nach Erreichung ihres Maximums wieder auf die gewählten Bruchtheile desselben herabgesunken war. Ich behielt die Eintheilung in Zehntel bei und bestimmte die Zeit für die drei ersten Puncte. Die Resultate sind:

Erreichte Intensität	Nach Wirkungsdauer von
$^{9}/_{10}$	0·359 Sec.
$^{8}/_{10}$	0·486 „
$^{7}/_{10}$	0·659 „

Nach diesen Resultaten ist die Curve (Taf. XIV, Fig. 1) construirt. Die willkürlich gewählte höchste Intensität ist in zehn gleiche Theile getheilt, dieselben sind an der Ordinatenaxe aufgetragen. An der Abscissenaxe sind die Zeiten in Tausendtheilen einer Secunde (an je einem Ende der punctirten senkrechten Linien) angeschrieben, die von Beginn der Curve bis zu ihrer Erreichung der betreffenden Höhe vergingen.

Die punctirte Curve ist die wirklich gefundene, die durch geradlinige Verbindung der ermittelten Puncte gebildet ist. Die ausgezogene ist die muthmaasslich richtige.

Die Fehler und Unregelmässigkeiten der durch das Experiment gefundenen Werthe müssen wohl der Unmöglichkeit immer vollkommen gleiche Beleuchtung herzustellen, den verschiedenen Ermüdungsgraden des beobachtenden Auges, — obwohl dasselbe vor jedem Versuch ausruhte, — der immer etwas schwankenden Aufmerksamkeit, und ähnlichen unvermeidlichen Fehlerquellen zugeschrieben werden.

Die weitere Verfolgung dieser Curve, die den Verlauf der Reizung während der ersten sechs Zehntheile einer Secunde darstellt, habe ich nicht vorgenommen, da der folgende Theil derselben schon von

Carl Friedrich Müller[1]) construirt ist, und die von ihm gefundene abfallende Curve zu dem abfallenden Ast der oben beschriebenen Curve hinlänglich zu passen scheint.

Bei Bestimmung dieser Curve musste mir daran gelegen sein, zu ermitteln, ob wirklich gleich die erste Portion einfallenden Lichts eine Wirkung auf die Netzhaut ausübe, oder ob eine Induction stattfinde. Letztere scheint entweder gar nicht oder doch nur in sehr geringem Grade vorhanden zu sein, da ich bei der kürzesten Zeit der Einwirkung des Bildes, die ich mit meinem Apparat erreichen konnte, nämlich bei 0·0001 Secunden, einen der oben beschriebenen Quadranten vollkommen deutlich wahrnahm, wenn das positive Nachbild mitwirkte und das Auge hinlänglich ausgeruht war. Es ist diese Erscheinung insoferne erwähnenswerth, da man nach der gangbaren Ansicht einer photochemischen Wirkung in der Netzhaut eine Induction erwarten könnte, wie eine solche, oft Minuten lang dauernd, bei der Verbindung von Gasen in Folge von Einwirkung des Lichtes constatirt ist.[2]) Es ist allerdings noch fraglich, ob diese Induction in jedem Fall der chemischen Wirkung des Lichtes eintritt.

Was nun die Zeit anbelangt, die bei normalem ausgeruhtem Auge zur Wahrnehmung eines Eindruckes nöthig ist, so hängt dieselbe, so viel ich ermitteln konnte, von folgenden Umständen ab:

1. Der Intensität der Beleuchtung des wahrzunehmenden Gegenstandes,
2. der Grösse desselben, respective seines Netzhautbildes,
3. der Anwesenheit oder Abwesenheit eines Nachbildes nach Wegnahme des Netzhautbildes,
4. der Stelle der Netzhaut, auf welche sein Bild fällt.

Die Art und Weise, wie die Zeit von jedem dieser Umstände abhängt, will ich jetzt näher auseinandersetzen.

1. Die Beleuchtungsintensität. Bei Untersuchung der Frage: wie lange muss ein Reiz von bestimmter Grösse wirken, um eine Wahrnehmung zu erzeugen, handelte es sich darum, die Nachwirkung des Reizes und ihren Einfluss auf die Wahrnehmung möglichst aus-

1) Versuche über den Verlauf der Netzhautermüdung. Ingrl-Dissrt. Zürich 1866.

2) Bunsen u. Roscoe: Chemische Wirkung des Lichtes. Poggendorff's Ann. B. 176.



zuschliessen. Ich glaubte dies dadurch zu erreichen, dass ich den auf seine Zeitdauer zu untersuchenden Reiz durch eine möglichst starke Reizung der ganzen Netzhaut abbrach, wodurch das positive Nachbild des ersten Momentes wenigstens möglichst kurz gemacht wurde, und bald in das weniger schädliche negative übergehen musste.

Es wurde dies dadurch erreicht, dass die mit weissen Sectoren versehene Scheibe möglichst grell beleuchtet war, so dass, nachdem der Gegenstand durch den Spalt sein Bild auf die Netzhaut geworfen hatte, das ganze Gesichtsfeld mit dem grellen Weiss erfüllt wurde.

Um die Helligkeit des Beobachtungsgegenstandes genau reguliren zu können, benützte ich in diesem Falle rotirende Scheiben, die selbst als Beobachtungsgegenstand dienten. Dadurch, dass ich beliebig viele ihrer Grade schwarz machte, die anderen weiss liess, und, natürlich immer bei derselben Beleuchtungsintensität, dieselben so schnell rotiren liess, dass sie gleichförmig hell erschienen, erhielt ich relativ genau bekannte Lichtintensitäten.

Zur Bestimmung der Zeit, nach welcher die Wahrnehmung erfolgte, war im Centrum der Scheibe ein vollkommen schwarzer Kreis angebracht. Die Zeit, nach welcher dieser von dem umgebenden Weiss unterschieden wurde, ward als Zeit der Wahrnehmung dieses Weiss betrachtet. (Es diente also gleichsam der breite Ring zwischen diesem Kreis und der Grenze des Sehfeldes als Beobachtungsgegenstand.) Folgende zwei Versuchsreihen sollen die Art der Abhängigkeit der Wahrnehmungszeit von der Intensität der Beleuchtung nachweisen.

Letztere wächst, wie in dem früher angegebenen Versuch nach einer geometrischen Progression:

Intensitäten	Zur Wahrnehmung nöthige Zeit	Differenzen
1	0·18730 Sec.	0·02857
2	0·15873 „	0·03016
4	0·12857 „	0·025396
8	0·103174 „	0·026984
16	0·076190 „	
1	0·1851 „	0·0293
2	0·1558 „	0·0278
4	0·1280 „	0·0231
8	0·1049 „	0·0293
16	0·0756 „	

Die Differenzen sind für je eine Versuchsreihe als nahezu gleich zu bezeichnen, die Abweichungen müssen als Versuchsfehler aufgefasst werden.

Für diese einen gewissen Grad (etwa die Intensität eines durch directes Sonnenlicht beschienenen weissen Papiers) nicht übersteigenden Lichtintensitäten lässt sich also das Gesetz aussprechen:

Wenn die Intensitäten der Beleuchtung eines Gegenstandes in geometrischer Progression zunehmen, so nehmen die zur Wahrnehmung desselben nöthigen Zeiten in arithmetischer Progression ab.

Aus diesem Gesetze geht hervor, dass es eine Intensität geben muss, welche die Eigenschaft hat, dass, wenn sie verdoppelt wird, die Wahrnehmung in der halben Zeit geschieht. Es ist dies eine Intensität, die nahe der Grenze jener Intensitäten liegen muss, für welche das oben ausgesprochene Gesetz gilt; es wäre vielleicht thunlich, dieselbe als eine, wenigstens für dasselbe Individuum immer gleiche und verhältnissmässig leicht bestimmbare Intensität für optische Zwecke zu verwerthen. Sie hängt nicht von der Grösse des Gegenstandes ab, wie folgende Tabelle zeigt:

Grösse des kreisförmigen Netzhautbildes	Zeit der Wahrnehmung bei der Intensität I.	Zeit der Wahrnehmung bei der Intensität II.
0·1 Mm.	0·01659	0·008338
0·3 „	0·01305	0·006576
0·5 „	0·01218	0·006148
0·8 „	0·01143	0·005772
1 „	0·010763	0·00544

2. Die Grösse des Gegenstandes. In ähnlicher Weise, wie von der Intensität der Beleuchtung, hängt die zu einer Wahrnehmung nöthige Zeit von der Grösse des betreffenden Netzhautbildes ab, vorausgesetzt, dass dasselbe eine gewisse Grösse nicht überschreitet.

Bei diesen Versuchen dienten weisse Kreise auf schwarzem Sammtschirm als Beobachtungsgegenstände. Der Reiz wurde wie im vorstehenden Versuch durch grelles Weiss abgebrochen. Die Resultate einer Versuchsreihe, in welcher sich die für die Grösse angegebenen Zahlen natürlich auf den Inhalt der Kreise beziehen, sind folgende:

Grösse	Zeit d. Wahrnehm.	Differenzen
1	0·0363	
		0·0028
2	0·0335	
		0·0029
4	0·0306	
		0·0029
8	0·0277	
		0·0023
16	0·0254	

Die drei ersten Differenzen sind als gleich zu betrachten, doch zeigt sich bei der für den letzten Kreis gefundenen Zeit schon eine geringe Unregelmässigkeit, und ein Kreis, der doppelt so gross war wie dieser, liess über seine Wahrnehmungszeit nur mehr sehr Unsicheres aussagen, da seine Ränder, auf deren Wahrnehmung es hauptsächlich ankömmt, im Netzhautbild bereits ausserhalb des gelben Fleckes lagen; der Durchmesser seines Netzhautbildes war nämlich 3·5 Millim.

Für Objecte, deren Netzhautbilder aber kleiner als die *Macula lutea* sind, und die natürlich im directen Sehen betrachtet werden, lässt sich das Gesetz aussprechen:

Wenn die Grössen der Netzhautbilder in geometrischer Progression wachsen, nehmen die zur Wahrnehmung nöthigen Zeiten in arithmetischer Progression ab.

3. Das Nachbild. Ich habe schon öfter Gelegenheit genommen, zu bemerken, welch grossen Einfluss die Wirkung des positiven Nachbildes auf die Verminderung der nöthigen Wahrnehmungszeit ausübt. Ich will eine Versuchsreihe anführen, die dies darthun soll. Bei derselben wurde ein Gegenstand beobachtet, dessen Netzhautbild selbst immer gleich lang, dessen Nachbild aber verschieden lang wirkt. Wenn die Dauer des Nachbildes verkürzt ward, indem es durch Weiss abgeschnitten wurde, so musste, um denselben Grad der Wahrnehmbarkeit herzustellen (es war die Grenze derselben), die Intensität der Beleuchtung des Gegenstandes erhöht werden.

In der folgenden Tabelle ist die ganze Dauer des Nachbildes im Falle, wo die Intensität 1 ist, als Zeiteinheit angenommen (die angeführten Zahlen bedeuten also Bruchtheile der vollkommenen Dauer dieses Nachbildes) und eben so die Intensität der Beleuchtung, die der Gegenstand hatte, wenn er unter Mitwirkung des ganzen Nachbildes eben sichtbar war, als Einheit der Intensität. Das Netzhautbild selbst wirkte 0·022 der Dauer des Nachbildes.

Dauer des Nachbildes	Intensität	Dauer des Nachbildes	Intensität	Dauer des Nachbildes	Intensität
0	20·66	0·154	7·149	0·418	2·892
0·022	15·75	0·176	6·175	0·465	2·778
0·044	13·16	0·198	5·260	0·509	2·504
0·066	10·68	0·242	4·409	0·553	2·282
0·088	9·76	0·286	4·000	0·597	2·162
0·110	8·650	0·330	3·727	0·685	1·595
0·132	7·890	9·374	3·121	0·773	1·273
				1·000	1·000

Es geht hieraus hervor, dass im vorliegenden Falle die Lichtintensität des Netzhautbildes auf mehr als das zwanzigfache erhöht werden musste, wenn es ohne Mitwirkung des Nachbildes denselben Effect hervorbringen sollte, den es unter Mitwirkung des Nachbildes hervorgebracht hatte, ferner dass, wie vorauszusehen war, das Nachbild in der ersten Zeit seiner Wirkung weit mächtiger zum Zustandekommen der Wahrnehmung beiträgt, wie in späteren Momenten. Die Bestimmung der Beleuchtungs-Intensität zum Ersatz für den letzten Theil des Nachbildes ist so schwierig, dass die Resultate keine genauen sein können, wesshalb ich sie gar nicht mitzutheilen vorziehe.

4. Die Lage der gereizten Netzhautstelle. Um das Bild, das mein Apparat gab, auf Netzhautstellen fallen zu lassen, welche von dem Fixationspunct um gewisse bekannte Distanzen abstanden, brachte ich an das Ocular des Fernrohres ein unter einem Winkel von 45° geneigtes Glasblättchen so an, dass es mir, während ich durch dasselbe den Beobachtungsgegenstand betrachtete, eine seitlich an der Wand des Zimmers befestigte Marke spiegelte. Es wurde anfangs die Marke so gestellt, dass ihr Spiegelbild mit dem Beobachtungsgegenstand (weisser Kreis auf schwarzem Schirm) zusammenfiel. Wurde die Marke nun längs einer geraden Linie verschoben und ihr Spiegelbild fixirt, so gab der Winkel, der zwischen den beiden Verbindungslinien des Auges mit der Primärstellung der Marke einerseits, und mit dem jedesmaligen Ort derselben andererseits lag, unmittelbar den Winkel an, den die Gesichtslinie mit der Richtungslinie der Marke einschloss. Die nicht genau bestimmbare Entfernung des spiegelnden Glasblättchens vom Knotenpunct des Auges konnte bei den verhältnissmässig sehr grossen übrigen Entfernungen keinen wesentlichen Fehler bedingen. Es ist selbstverständlich, dass alle übrigen

Umstände, die auf die nöthige Wirkungsdauer Einfluss haben, entfernt waren, so z. B. wieder das Nachbild durch grelles Weiss unschädlich gemacht wurde.

Bei diesen Versuchen zur Bestimmung der Wahrnehmungszeit an den peripherischen Stellen der Netzhaut machte sich eine Erscheinung in hohem Grade geltend, die ich bis jetzt noch nicht erwähnt habe. Es ist nämlich die genaue Localisation schwacher Lichtreize weit schwieriger als jene intensiver Reize, so dass bei einer gewissen Dauer der Sichtbarkeit ein weisser Kreis, z. B. als verwaschener heller Fleck wohl gesehen werden kann, die Dauer aber vergrössert werden muss, wenn er als Kreis mit deutlichen Contouren erkannt werden soll. Da diese Erscheinung sich an den peripherischen Netzhautstellen in weit höherem Grade als im Fixationspunct zeigt, so habe ich zwei Reihen von Zeitbestimmungen vorgenommen, in deren erster die Dauer, welche an den betreffenden Netzhautstellen zur deutlichen Wahrnehmung der Contouren des Kreises nöthig war, und in deren zweiter die Dauer, die zu seiner Wahrnehmung als hellen verwaschenen Fleck nöthig war, bestimmt wurden.

Die Resultate der ersten Versuchsreihe sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt; die Winkel geben den Richtungsunterschied der Gesichts- und der Richtungslinie des Beobachtungsgegenstandes in jedem Falle an, die Zeiten sind in Secunden ausgedrückt. Jenseits des Winkels von 9° 30′ ist mir eine deutliche Wahrnehmung der Contouren, oder wenigstens eine hinlänglich genaue Bestimmung der dazu nöthigen Zeit unmöglich gewesen.

Winkel	Wahrnehmungszeit der Conturen	Winkel	Wahrnehmungszeit der Conturen	Winkel	Wahrnehmungszeit der Contouren
0° (Fixationspunct)	0·0312	2° 30′	0·0277	6° 30′	0·0324
1°	0·0272	4° 30′	0·0289	9° 30′	0·0353

Die Resultate der zweiten Versuchsreihe in derselben Weise zusammengestellt sind folgende[1]):

1) Alle diese Versuche leiden an dem Fehler, dass der Beobachtungsgegenstand eine nicht zu vernachlässigende Grösse besitzt, so dass sein Netzhautbild also zugleich an Netzhautstellen, die verschiedene Entfernungen vom Fixationspunct haben, fallen muss, ferner, dass eine vollkommen genaue Fixation, besonders wenn die Aufmerksamkeit auf einen nicht fixirten Gegenstand gerichtet ist, fast zu den Unmöglichkeiten gehört.



Winkel	Wahrnehmung als hellen Fleck	Winkel	Wahrnehmung als hellen Fleck	Winkel	Wahrnehmung als hellen Fleck
0° (Fixationspunct)	0·0261	2° 30′	0·0219	6° 30′	0·0237
1°	0·0231	4° 30′	0·0191	9° 30′	0·0272

Ich habe zur deutlicheren Uebersicht dieser Resultate zwei Curven gezeichnet, deren erste *A B* (Taf. XIV, Fig. 2) das Verhältniss der Wahrnehmungszeit der Contouren an den verschiedenen Netzhautstellen, deren zweite *a b* dasselbe Verhältniss bezüglich der Wahrnehmung als hellen Fleck darstellt. Die Ordinaten repräsentiren die Wahrnehmungszeiten, welche für jeden der gefundenen Puncte an der ersten und letzten Ordinate in Zehntausendtheilen einer Secunde ausgeschrieben sind; die Abscissen stellen die Entfernungen der gereizten Netzhautstellen vom Fixationspunct dar; sie sind an der Abscissenaxe in Mm. angeschrieben. Die punctirten Linien sind die durch geradlinige Verbindung der gefundenen Puncte erhaltenen Curven, die ausgezogenen die vermuthlich richtigen Curven. Der Anfang derselben entspricht dem Fixationspunct, das Ende der bezeichneten Entfernung auf der Netzhaut von demselben.

Zunächst zeigt sich, dass der reizbarste Theil der Netzhaut durchaus nicht im Fixationspunct, sondern in einer gewissen Entfernung von demselben liegt. Von diesem gegen die Peripherie der Netzhaut hin nimmt die Reizbarkeit continuirlich ab.

Die Minima der Zeiten für die beiden besprochenen Arten der Wahrnehmung liegen nicht gleich, sondern die Netzhautstelle, welche in der kürzesten Zeit den Contour erkennt, liegt dem Fixationspunct näher, als jene, welche in der kürzesten Reizungszeit einen Eindruck zu liefern vermag. [1])

Es ist dies eine Trägheit der Empfindung im Netzhautcentrum, durch welche sich auch eine mir vom Herrn geh. Rath Helmholtz mündlich mitgetheilte Beobachtung desselben erklärt.

Wenn man nämlich ein Blatt bedruckten Papiers beobachtet, sein Netzhautbild aber nur so lange wirken lässt, dass die ersten Anfänge

1) Der Berechnung der Entfernungen auf der Netzhaut nach den gefundenen Winkeln legte ich Listing's Knotenpunct zu Grunde, dessen Entfernung von der Fovea 16·994 Mm. beträgt. Da diese Entfernung grösser ist als die wirkliche, so dürften auch die gefundenen Resultate ein weniges zu gross ausgefallen sein.

des Erkennens eintreten, dabei das positive Nachbild durch grelles Weiss vernichtet, so sieht man einzelne oft nur halbe Buchstaben aufblitzen, während jene der nächsten Nähe noch nicht erkannt werden können. Die nähere Untersuchung zeigt, dass diese erkannten Buchstaben diejenigen sind, welche ihr Netzhautbild nicht im Fixationspunct, sondern in einer gewissen Entfernung von demselben entwerfen.

Es zeigt sich übrigens das Netzhautcentrum auch in Bezug auf die Dauer des Nachbildes träger als die übrigen Netzhautstellen. Man sieht dies sehr deutlich, wenn man ein blaues Glas so vor dem Auge zitternd hin und her bewegt, dass die Zeit, während welcher das Glas vor demselben ist, in jeder Periode der Bewegung kleiner ist, als jene, während welcher dasselbe frei ist. In diesem Falle erscheint eine gesehene weisse Fläche bläulich, nur die *Fovea centralis* hebt sich als weisser Fleck von dem bläulichen Grunde ab; offenbar weil in ihr der kurze blaue Reiz keine merkliche Wirkung hervorbringt, während der Reiz des Weiss noch während der Wirkung von Blau fortdauert. Auch bei einfachem Vorschieben des blauen Glases vor das Auge kann man erkennen, dass in der *Fovea centralis* das Blau erst später wahrgenommen wird. Analoge Erscheinungen lassen sich durch den Wechsel von blauen und rothen Gläsern hervorrufen.

Sehr auffallend macht sich diese Eigenschaft des Netzhautcentrums auch bei der Art des Auftauchens und Verschwindens eines beobachteten weissen Kreises auf schwarzem Grunde kenntlich. Wenn nämlich mittelst meiner Apparate das Netzhautbild desselben eben so lange wirken gelassen wurde, dass es eine mässig deutliche Wahrnehmung erzeugt, und so gross ist, dass es ungefähr die ganze *Macula lutea* erfüllt, so erscheint der Kreis im ersten Augenblicke seines Sichtbarwerdens nicht als gleichmässig weisse Scheibe, sondern es wird zuerst seine Contour sichtbar, die sich gleichmässig nach Innen ausdehnt, bis sie das Centrum erreicht.[1]) Wird das Netzhautbild nun weggenommen, so verschwindet zuerst die Peripherie und von dieser setzt sich das Verschwinden gegen das Centrum hin fort, welches also am längsten gesehen wird. Da diese Processe natürlich sehr schnell vor sich gehen, so bekommt ein Kreis beim Auftauchen das Ansehen, als ob er von hinten und aussen nach vorne und innen hervorwach-

1) Wirkt der Kreis nur so lange, dass er eben die ersten Spuren der Wahrnehmung gibt, so erscheint er nur als Ring, natürlich vorausgesetzt, dass sein Centrum fixirt ist.



sen, beim Verschwinden, als ob er sich in sich selbst zu nichts zusammenziehen würde.[1])

Es gehört dies eigentlich schon in das Gebiet subjectiver Erscheinungen, deren mir einige im Verlaufe der mitgetheilten Arbeit auffielen, die ich demnächst ausführlicher zu besprechen gedenke.

Ich fasse kurz die Resultate meiner Versuche zusammen:

Der Verlauf der Netzhautreizung bei gleichbleibendem Reizmittel kann durch eine Curve ausgedrückt werden, die einen aufsteigenden und einen abfallenden Ast besitzt. Wenn die Intensitäten der Reizung in geometrischer Progression wachsen, so nehmen die Zeiten, nach welcher die Curve ihr Maximum erreicht, in arithmetischer Progression ab.

Die Wirkungsdauer eines Netzhautbildes, welches eine Wahrnehmung hervorrufen soll, hängt ab:

1. Von seiner Intensität, und zwar nimmt die Wirkungsdauer in arithmetischer Progression ab, wenn die Intensitäten in geometrischer Progression wachsen.

2. Von seiner Grösse, der Art, dass wenn die Grössen in geometrischer Progression wachsen, die Wirkungsdauern in arithmetischer Progression abnehmen.

3. Von der Anwesenheit des positiven Nachbildes: die Wirkungsdauer kann um so kleiner sein, je länger das Nachbild wirkt.

4. Von seiner Lage auf der Netzhaut, so dass die Wirkungsdauer am kleinsten wird, wenn das Netzhautbild 1·33 Millim. vom Fixationspuncte entfernt liegt. Soll das Netzhautbild aber nicht blos empfunden, sondern in möglichst kurzer Zeit auch erkannt werden, so muss es 0·29 Millimeter vom Fixationspuncte entfernt sein.

Ich kann diese Arbeit nicht dem Publicum übergeben, ohne Herrn Geheimrath Helmholtz für die grosse Mühe, welche er sich bei Ausführung derselben mit mir, als einem in der Wissenschaft unerfahrenen Neuling, zu geben entschliessen konnte, meinen innigst gefühlten, aufrichtigsten Dank öffentlich auszusprechen.

---

1) Schon Maxwell und Helmholtz (Physiologische Optik S. 240) bemerkten, dass in der Fovea erst später als in den übrigen Theilen der Netzhaut ein Eindruck wahrgenommen wird und wieder verschwindet.

Kleinere Mittheilungen.

Vorlesungsversuche.

Von W. Beetz.

(Hiezu Tafel XVI, Fig. 3 und 4.)

1. Totale Reflexion. Ein aus einem quadratischen Metallboden und 4 starken rechteckigen Glasplatten gebildeter Kasten (etwa 25 Centimeter lang, eben so breit und 30 Centimeter hoch) ist zu vielen optischen Versuchen, z. B. für Lichtbrechung, Fluorescenz u. s. w. sehr gut zu gebrauchen. Für den eben zu beschreibenden Versuch füllt man ihn bis zur Höhe von etwa 25 cm. mit Wasser und stellt ihn so auf, dass das Licht eines Fensters durch eine Seite eintritt, an der zweiten total reflectirt wird und durch die dritte Seite austritt. Auf die Aussenfläche der zweiten Seitenplatte legt man ein ungeleimtes, bedrucktes Papier, dessen Ecken man mit Gummi an das Glas anklebt. Dieser Druck bleibt völlig unsichtbar. Fährt man aber mit einem nassen Schwamme über das Papier hin, so dass es mit Wasser getränkt wird und zugleich die zwischen Papier und Glas befindlichen Luftblasen entfernt werden, so erscheint die Schrift deutlich, weil die Luftschichte, an der die totale Reflexion stattfand, durch Wasser ersetzt ist. Dieser Versuch zeigt zugleich, wie schwer es ist, zwei feste Körper in unmittelbare Berührung miteinander zu bringen. Auch wenn man das Papier fest gegen das Glas drückt, bleibt es unsichtbar, so lange es trocken ist, weil immer noch eine Luftschichte zwischen beiden Körpern vorhanden ist. Dagegen wird an denjenigen Stellen, an welchen sich die geringsten Mengen von Wasser auf der Glasfläche befinden, das Papier sofort sichtbar.

2. Zimmerbatterie. Um eine allen Ansprüchen der Vorlesung (mit Ausnahme der Herstellung von electrischem Lichte) entsprechende Batterie stets zur Hand zu haben, habe ich folgende Zusammenstellung gewählt, die sich vortrefflich bewährt hat. Die Batterie besteht aus

sechs Groveschen Elementen. Zur Bedeckung der Thonzellen dienen übergreifende Serpentindeckel, in welche die Platinplatten durch ein Gemisch von Schwefel und Bimssteinpulver festgegossen werden. Diese Verbindung von Poggendorffs und Boettgers Vorschlägen liefert eine ganz vorzügliche Befestigung. Die Platinplatten sowohl als die Zinkcylinder der Elemente tragen cylindrische Quecksilbernäpfe. Die Aufstellung der Elemente geschieht auf einem kreisrunden Fussbrett von Holz (*aa* Fig. 3). Ein cylindrischer Glasmantel *bb* umgibt die sechs Gläser der Elemente. Auf diesen Mantel wird der Holzdeckel *cc* aufgelegt, der in zwei concentrischen Kreisen je sechs nach unten conisch erweiterte Löcher enthält. In die sechs äusseren Löcher passen die Quecksilbernäpfe der Platinplatten, in die sechs inneren die der Zinkplatten. Eine eiserne Stange geht durch die Axe des Cylinders; sobald der Deckel aufgelegt ist, wird eine Schraubenmutter auf die Stange geschraubt, um Deckel und Fussbrett gegeneinander fest zu halten, und ein Handgriff *d* oben befestigt. Der mittlere Raum, der um die Stange herum frei bleibt, ist zur Aufstellung eines ringförmigen Blechgefässes *e* benutzt, das mit gebranntem Kalk gefüllt wird, welcher die sich entwickelnden Säuredämpfe sofort absorbirt. Soll die Batterie gebraucht werden, so wird sie durch eine pachytropische Vorrichtung geschlossen. Es sind nämlich 4 Ringe, aus Holz gedreht, *ff* vorhanden, deren jeder eine Drahtcombination enthält, welche beim Eintauchen in die Quecksilbernäpfe die Elemente in die Verbindung 6·1, 3·2, 2·3 oder 1·6 bringt. Mir ist keine ähnliche Vorrichtung bekannt, welche diese Verbindungen so rasch und sicher herstellt, wie diese; dass die Verbindungen nicht alle durch ein und denselben Apparat, sondern durch vier gesonderte hergestellt werden, ist ganz gleichgültig. Für das erste Platin- und das letzte Zinknäpfchen sind Leitungsdrähte bestimmt, welche zu zwei am Deckel befestigten Klemmschrauben (*g*) führen, so dass z. B. die Combination 2·3 von oben gesehen die Gestalt Fig. 4 zeigen würde. Man kann mit dieser Batterie stundenlang im Zimmer arbeiten, ohne durch lästige Dämpfe an ihre Anwesenheit erinnert zu werden.

3. Interferenztöne. Fast in jedem physikalischen Cabinet befindet sich eine Schallglocke mit dazu gehörigem cylindrischen Resonator, den man durch Verlängerung und Verkürzung verstimmen kann. Setzt man die Glocke auf eine Rotationsmaschine, lässt sie mit ihrem Grundton tönen, und dreht sie dann um ihre Axe, so zerlegt sich der



Ton in die beiden Töne, welche Radau Variationstöne, Stefan (wohl treffender) Interferenztöne genannt hat. Wenn man nun den Resonator einmal verkürzt, das anderemal verlängert, so hört man den einen oder den anderen Ton mit grosser Intensität.

Kleines Universal-Stern-Spectroscop.

Von Sigmund Merz.

(Hiezu Tafel XVI, Fig. 5 und 6.)

Dasselbe besteht aus einem einfachen und einem zusammengesetzten Spectroscop à vision directe, die sich theilweise ergänzen. Ersterer Apparat besitzt ein Prisma à vision directe von einer Zerstreuungskrraft $D - H = 8^0$ und ein positives Ocular von 1″ aequiv. Brennweite nebst Cylinderlinse.

Der zusammengesetzte Apparat hat ein gleiches Spectral-Prisma, Spalte, Collimator und Beobachtungsfernrohr. Die Objective der letzteren sind von gleicher Focalweite und haben bei 4″ Focus 7‴ Oeffnung.

Das Beobachtungsfernrohr ist mit Spitzenmicrometer versehen, besitzt ein positives Ocular von 1″ und ist mit den nöthigen feinen Einstellungen ausgestattet. Die Spalte hat die nöthigen Correctionen, hinter sich ein Reflexions-Prisma zur Flammenvergleichung und eine cylindrische Collectivlinse.

Noch ist dieser zusammengesetzte Apparat mit einer kleinen Positions-Scheibe versehen.

Von dem einfachen Apparate nun kann das Spectral-Prisma abgeschraubt und zwischen Collimator und Spectral-Prisma des zusammengesetzten Apparates eingesezt werden, wodurch die Dispersion des Spectroscopes verdoppelt und das Instrumentchen auch zur Beobachtung der Sonnenprotuberanzen tauglich wird. Die Spalte hat zu dem Zwecke auch die Einrichtung, dass sie entsprechend weit geöffnet werden kann.

Dem Apparat ist überdiess ein Sonnenglas beigegeben und sämmtliche Theile in einem eleganten Etui befindlich. Preis 120 Thlr. = 210 fl.

J. Müller. Bestimmung der Constanten von Léclanché's Braunstein-Elementen.

Herr J. Müller hat die Constanten des Léclanché'schen Elementes nach der Ohm'schen Methode bestimmt und die electromotorische Kraft

$$e = 10{,}76$$

den wesentlichen Widerstand eines Bechers

$$r = 1{,}89$$

gefunden, wobei nach Waltenhofen als Einheit der Stromstärke derjenige Strom genommen ist, welcher in 1 Minute 1 Kubikcentimeter Knallgas liefert, und als Widerstandeinheit die Siemens'sche Quecksilbereinheit zu Grunde liegt. Für dieselbe Einheit ist die electromotorische Kraft eines Bunsen'schen Bechers 21, und eines Daniell'schen 12, so dass die electromotorische Kraft eines Léclanché-Elementes nur 0,896 von der eines Daniell'schen wäre. Pogg. Ann. 1870. Nr. 6.

Der Ladd'sche Commutator.

(Hiezu Tafel XVI, Fig. 1 u. 2.)

Bei Gelegenheit der Construction von magnetelectrischen Maschinen hat der Herausgeber auch die schon von Herrn Ladd bei seinen dynamoëlectrischen Maschinen angewandte Einrichtung zur Herstellung der gleichen Richtung der Inductionsströme benützt. Da dieselbe gleichfalls als selbstständige Commutationsvorrichtung dienen kann, so will ich sie als Ergänzung zu der im IV. Bande des Repertoriums pag. 342 ff. gegebenen Zusammenstellung in Kürze beschreiben.

Der Commutator, den Taf. XVI, Fig. 1 u. 2 in natürlicher Grösse darstellt, besteht im Wesentlichen aus einem Hartgummicylinder, über welchem ein Messingrohr RR' befestigt ist. Dieses Rohr ist aber durch einen schrägen Schnitt in zwei Theile mit einem etwa 2 Millimeter breiten Zwischenraum zerschnitten. Die Enden des ursprünglich ganzen Messingrohres sind metallisch geschlossen und in die Schlussplatten zwei runde Metallstäbe eingefügt, welche die Drehungsaxe des Cylinders bilden und in den Lagerständern S, S' drehbar sind. An dem Cylinder schleifen zwei starke Federn F, F', welche in der Weise angebracht sind, dass bei der Drehung um die Axe mittelst des Knopfes M einmal die Feder F an dem Rohrtheile R, dann an dem Theile R' schleift, während für die Feder F' gerade das Umgekehrte statthat. Mit der Feder F steht die Klemme K, mit F' die Klemme

K', mit S die Klemme K'' und mit S' die Klemme K''' in leitender Verbindung. Schaltet man in die Klemmen K'' und K''' die Polenden der Batterie, in die Klemmen K und K' die Enden des Galvanometerdrahtes ein, so findet die Commutation ganz wie beim Rühmkorff'schen Commutator statt. *C.*

Zur wissenschaftlichen Verwerthung des Aneroids.

Von Viceadmiral Freiherr v. Wüllerstorf.

(Wiener Acad. Anzeiger 1870, Nr. XX.)

Herr v. Wüllerstorf legte der Wiener Academie eine Abhandlung vor, in welcher der wesentliche Unterschied zwischen Aneroid und Barometer dargethan und gezeigt wird, dass ersteres den Druck der Luft, ohne selbst von der Schwere beeinflusst zu werden, angibt, während die Quecksilbersäule eines Barometers in gleicher Weise wie die darüberlastende Luftsäule mit der veränderten Schwere sich im Gewichte verändert, so dass für eine und dieselbe Luftsäule das Barometer unter jeder Schwere dieselben Angaben liefern wird, was bei dem Aneroide nicht der Fall sein kann.

Würden also Aneroid und Barometer für eine bestimmte Schwere ganz gleiche Angaben liefern, so könnte dies bei einer Veränderung dieser letzteren nicht mehr möglich sein, und es werden die Unterschiede in den gleichzeitigen Angaben beider Instrumente den Veränderungen der Schwere proportional sein.

Aus den aufgestellten Grundsätzen ergibt sich die Formel zur Höhenmessung mit dem Aneroide oder jene der Bestimmung jeder stattfindenden Veränderung der Schwere, also auch für Beobachtungen an der Oberfläche des Meeres, die Bestimmung der Zunahme der Schwere vom Aequator zu den Polen. Es versteht sich von selbst, dass die Angaben des Barometers und des Aneroids fehlerfrei sein müssen.

Die Fehler in den Angaben des Aneroids können aus Vergleichungen mit einem corrigirten Barometer ermittelt werden und beziehen sich vorzugsweise auf die Eintheilung des Zifferblattes und auf die Veränderungen der Temperatur, welche letzteren auf die in der luftleeren Büchse zurückbleibende oder später eindringende Luft zurückwirken.

In jedem Falle stellt der Unterschied zwischen Aneroid und Barometer die Summe der Fehler dar für eine bestimmte Schwere, und dieser Umstand führt zu dem Resultate, dass der verdoppelte Unter-

schied $A - B + x_0$ sich sehr nahe zum Barometerstande B, wie der Unterschied der Schwere $G - G_0$ sich zur Schwere G_0 verhält, für welche letztere der Indexfehler x_0 des Aneroids dem Barometer gegenüber Geltung hat.

Schliesslich sind Aneroid-Beobachtungen mitgetheilt, welche in den Jahren 1857 und 1858 am Bord S. M. Fregatte Novara gemacht wurden und mit den zur selben Zeit geltenden Barometerständen, wie dieselben im meteorologischen Theile des Novarawerkes enthalten sind, verglichen worden. Daraus ist F die Zunahme der Schwere vom Aequator zu den Polen berechnet, und man erhält: aus 248 Beobachtungen im atlantischen Ocean

$$F = 0{\cdot}0051161,$$

aus 161 Beobachtungen im indischen Ocean

$$F = 0{\cdot}0050312,$$

wobei bemerkt wird, dass bei den letzteren Beobachtungen aus dem Grunde ein Fehler vorausgesetzt werden muss, weil das Aneroid während eines Sturmes auf den Boden fiel, und wenn auch scheinbar unbeschädigt, doch mindestens eine Veränderung im Indexfehler erlitten haben muss.

Uebrigens sind die Beobachtungen zu anderen Zwecken gemacht worden und können kaum volles Vertrauen einflössen, so dass diese Rechnung nicht so sehr die Bestimmung von F, als den Beweis bezwecken soll, welchen Gebrauch man von dem Aneroide in wissenschaftlicher Beziehung machen kann.

Die Vermehrung der Schwere vom Aequator zu den Polen wurde von Prof. Airy in England (On the figure of the Earth, Encyclopädia of Astronomy, London 1848) aus Pendel-Beobachtungen zu 0·005133 bestimmt, es ist somit eine genügende Uebereinstimmung erzielt worden, um die Aufmerksamkeit der wissenschaftlichen Welt auf diese neue Methode der Bestimmung der Gestalt der Erde zu lenken, um so mehr als die Beobachtungen der Unterschiede im Stande des Aneroids und Barometers leicht zu machen und zu wiederholen sind, und am Bord, so weit das fahrbare Meer reicht, unter immer gleichen Verhältnissen der Beobachtungsörtlichkeit angestellt werden können.

Ueber den Magnetismus electrodynamischer Spiralen.

Von

G. Gore.

(Philosophical-Magazin Nr. 267.)

(Hiezu Taf. XVIII. Fig. 4—7.)

Ich habe einige Experimente über den Einfluss hoher Temperaturen auf den magnetischen Zustand electrodynamischer Spiralen angestellt, die aus Eisen, Kupfer und Platin bestanden und wobei die Hitze vermittelst einer Volta'schen Batterie erzeugt wurde.

1. Experiment. Zwei horizontal liegende Drahtspiralen *A* u. *B* (Fig. 4.) wurden in Anwendung gebracht. *A* bestand aus einem Platindraht von 34,9 Centimeter Länge und 1,42 Millimeter Dicke und *B* aus einem Kupferdrahte von 34,9 Centimeter Länge und 2,59 Millimeter Dicke; jeder Draht war zu einer cylindrischen Spirale von 3,8 Centimeter Länge und 1,6 Centimeter im Durchmesser gewunden und hatte genau die gleiche Anzahl Windungen. Beide Spiralen wurden mit einander durch die Klemmschraube *C* verbunden. Eine magnetisirte Stahlnadel *D*, gegen 8 Centimeter lang, war in der Nord-Süd-Richtung (an einem 35 bis 40 Centimeter langen Faden) aufgehängt, so dass ihr Südende zwischen die beiden 3 Centimeter von einander abstehenden Enden der Rollen fiel und von jedem Ende gleichweit abstand. Die Nadel war in ihrem Mittelpuncte durch ein kleines Bleigewicht beschwert. Die eine Spirale war rechts, die andere links gewunden, so dass, wenn ein Strom durch sie hindurchging, der in ihren der Nadel nächstgelegenen Enden erzeugte Magnetismus das gleiche Zeichen besass; dabei war die Richtung des Stromes der Art genommen, dass die Pole in den Drähten wieder mit dem nächstgelegenen Magnetpole gleichnamig waren. Mit zehn zu einer Reihe verbundenen Grove'-

schen Elementen, deren Platinplatten 16,5 Centimeter lang und 7,7 Centimeter breit waren, wurde der Platindraht sehr heiss, aber nicht rothglühend, während der Kupferdraht kalt blieb; die Magnetnadel blieb in gleichem Abstande zwischen den beiden Drahtpolen stehen, sie wurde also vom heissen Platin ebenso stark abgestossen als vom kalten Kupfer.

2. Experiment. Bei diesem Versuche hatten die Spiralen 1,5 Centimeter im Durchmesser und 2,9 Centimeter in der Länge, sie waren parallel neben einander aufgestellt, wie dies Fig. 5 zeigt, und bestanden aus einem 0,82^{mm} dicken Platindraht und einem 2,05^{mm} dicken Kupferdraht; im Uebrigen waren jedoch die Anordnungen in ähnlicher Weise getroffen wie beim vorigen Experimente. Mit den zehn in einer Reihe verbundenen Grove'schen Elementen war der Platindraht ganz durch und durch rothglühend, während der Kupferdraht kalt blieb; der Pol der Magnetnadel wurde wie vorhin gleichstark von jeder Spirale abgestossen; waren die Elemente zu zwei Reihen von je fünfen verbunden, so war der Platindraht glänzend rothglühend, und die Magnetnadel blieb wieder in der Mitte stehen, wie wenn kein Strom durch die Spiralen gegangen wäre. Die Hellrothglühhitze hat also auf den in der Platinspirale erzeugten Magnetismus keinen Einfluss; weder vermehrt sie ihn, noch vermindert sie ihn, und der Magnetismus in dieser Spirale blieb demnach unabhängig von der Aenderung der Temperatur und von der durch dieselbe erzeugten molecularen Beschaffenheit.

3. Experiment. Die Anordnungen waren die gleichen wie beim letzten Experiment; nur war der Platindraht durch einen Eisendraht und die Grove'sche Batterie durch zehn grosse Smee'sche Elemente von 12 $\times$ 8 Zellen ersetzt. Der Eisendraht, der eine Dicke von 1,42 Millim. besass, wurde auf etwa 200^{0} C. erhitzt und stiess die Magnetnadel weit kräftiger ab als dies die kalte Kupferspirale that. Hatte der Eisendraht 0,95 Millim. Dicke, so wurde die Nadel von der weit heisseren Eisenspirale beständig stärker abgestossen als von der Kupferspirale und diese Abstossung dauerte noch fort, nachdem der Strom unterbrochen und beide Drähte ganz kalt waren, offenbar weil sie etwas von dem inducirten Magnetismus zurückbehielt. Wurde Eisendraht Nr. 23 von 0,68 Millimeter Dicke genommen, so wurde die Eisenspirale rothglühend und stiess den Pol der Magnetnadel mit nur wenig grösserer Kraft ab als die Kupferspirale; schaltete man die Kupfer-



spirale an einem weiter abstehenden Theile des Schliessungskreises ein und liess dann den Strom wieder durchgehen, so erfuhr die Magnetnadel durch die Eisenspirale eine starke Ablenkung. Dieses Experiment zeigt: 1) dass ein electrischer Strom von gegebener Stärke, wenn er gleichzeitig durch zwei ähnliche Drahtspiralen geht, wovon die eine aus Eisen, die andere aus Kupfer besteht, bei mässigen Temperaturen in der ersteren einen höheren Grad von Magnetismus erzeugt als in der letzteren; 2) dass, wenn der Eisendraht rothglühend wird, seine ganze magnetische Kraft nicht viel grösser als die des Kupfers ist; 3) dass das Eisen bei niederen Temperaturen beide Magnetismen besitzt, sowohl den, der vom Strome selbst herrührt, als auch den, der vom Strome in den Eisenmoleculen inducirt wurde, während das Kupfer blos den vom Strome selbst herrührenden Magnetismus besitzt; und 4) dass beim Steigen der Temperatur bis zum Rothglühen der im Eisen inducirte Magnetismus abnimmt, während der vom Strome allein herrührende Magnetismus gleich dem im Kupfer allein zurückbleibt.

4. Experiment. Ich versuchte nun flache Drahtspiralen, die ich 4 Centimeter von einander aufstellte, so dass ihre Achsen in eine horizontale Linie fielen (Fig. 6); die Spiralen hatten etwa 2,5 Centim. im Durchmesser und jede hielt vier Drahtwindungen. Hatte der Eisendraht 20 Centim. Länge und 0,95 Millim. im Durchmesser, während der Kupferdraht gleichfalls 20 Centim. Länge und 2,07 Millim. im Durchmesser hatte, und wurden die 10 grossen Smee'schen Elemente angewendet, so wurde die Eisenspirale nahe rothglühend; im ersten Momente, wenn der Strom durchging, wurde der gleichnamige Pol der Magnetnadel etwas stärker vom Eisen als vom kalten Kupfer abgestossen; als das Eisen aber heiss wurde, war der Ueberschuss in der Abstossung geringer. Ich ersetzte nun die Smee'sche Batterie durch zwölf Grove'sche Elemente von der oben angegebenen Grösse, die in zwei Reihen von je sechs Elementen combinirt waren; der Eisendraht wurde rothglühend, während das Kupfer kalt blieb, und die Nadel blieb im gleichen Abstande von beiden Spiralen stehen. Mit einer Spirale aus dünnem Platindraht an der Stelle der Eisenspirale wurde das Platin fast weissglühend und schien die Nadel etwas mehr abzustossen als das Kupfer: es ist übrigens schwer, beide Spiralen vollkommen gleichförmig herzustellen und die Mitte zwischen beiden genau zu bestimmen.

5. Experiment. Bei diesem Versuche wurde keine Magnetnadel angewendet. Zwei flache Spiralen (A und B Fig. 7), etwa 1,8 Centim. im Durchmesser, die aus dünnem Eisendraht von 15 Centim. Länge gebildet waren und wovon jeder die gleiche Dicke besass, wurden hergestellt und die eine derselben mittelst zweier Fäden $C\ C$ vertical frei aufgehängt, so dass der Abstand von der andern Spirale 2 bis 3 Millimeter betrug. Die unteren Enden der Spiralen tauchen in zwei kleine Quecksilbernäpfchen, wie dies die Figur zeigt, und die gleichnamigen Pole der Spiralen stehen einander gegenüber. Als der Strom der zwölf zur Säule verbundenen Grove'schen Elemente hindurchgesendet wurde, stiessen sie sogleich einander ab und zerschmolzen dann. Derselbe Strom wurde nun durch zwei ähnliche Spiralen von 1,6 Centimeter im Durchmesser gelassen, die aus dickeren Eisendrähten bestanden, wovon jeder 12 Centimeter lang und 0,95 Millimeter dick war; sie stiessen einander stark ab, während sie warm und auch als sie rothglühend waren, und die bewegliche Spirale ging sogleich aus dem Quecksilber hinaus und unterbrach den Strom.

Als allgemeine Resultate folgen aus diesen Versuchen über Electro-Spiralen: 1) dass Rothglühhitze nur den in einer eisernen Electrospirale inducirten Magnetismus vermindert und den vom Strome allein herrührenden Magnetismus weder vermehrt noch vermindert; 2) dass eine rothglühende Electrospirale von Eisen fähig ist, Magnetismus zu induciren, aber nicht den in ihr inducirten Magnetismus zu behalten; 3) dass die Erzeugung von Wärme durch Electricität in einem Drahte von grossem Widerstande, sei es Eisen, Kupfer oder Platin, eine verminderte Erzeugung von Magnetismus, der vom Strome in dem erwärmten Theile des Drahtes hervorgerufen wird, nicht zur Folge hat. Aus diesen Resultaten folgt die Ansicht, dass der Magnetismus einer Electrospirale von Kupfer oder einem anderen unmagnetischen oder schwach magnetischen Metalle nicht durch eine besondere Lage oder Art der Bewegung der Theilchen des Metalls erzeugt wird, sondern eine directe Folge — und zwar untrennbar davon — des electrischen Stromes selbst ist, während der Magnetismus in einer ähnlichen Spirale von Eisen theils von derselben Ursache herrührt, zum Theil aber auch abhängt von der molecularen Beschaffenheit, welche durch hohe Temperatur geändert wird.

Der inducirte Magnetismus des Eisens ist eine weit complicirtere Erscheinung als der Magnetismus eines electrischen Stromes, weil er

abhängt sowohl von der Temperatur als von der molecularen Structur des Eisens; dahingegen ist der Magnetismus des electrischen Stromes ganz unabhängig von der Temperatur, der molecularen Structur und der Cohäsionskraft, ausser insoferne sie die Quantität des Stromes beeinflusst, wie dies bei dem magnetischen Character eines durch einen Electrolyten gehenden Stromes oder bei der electrischen Entladung in verdünnten Gasen der Fall ist.

Einige neue Instrumente und Apparate im Gebiete der Electricität.

Von

Dr. G. Burckhardt,

Privatdocent der Medicin in Basel.

(Hiezu Tafel XXIII.)

Ich erlaube mir im Folgenden einige Instrumente und Apparate zu beschreiben, die theils dem Physiker und dem Physiologen Interesse bieten dürften, die sich mit electrischen Versuchen beschäftigen, theils auch dem practischen Bedürfnisse des Electrotherapeuten zu dienen bestimmt sind.

I.

Der Galvanothermometer.

(Fig. 1.)

Mit der vergleichenden Untersuchung der thermischen Leistungen einiger Batterien beschäftigt, erschien es mir wünschenswerth, ein Instrument zu besitzen, das die galvanische Wärmeentwicklung leicht angäbe und dabei einfach zu handhaben wäre. Die bisher gebräuchlichen Apparate, das Weingeistgefäss von Joule Lenz, das Breguet'sche Metallthermometer, von De la Rive angewandt, das Glühen der Metalldrähte von Müller und Zöllner benützt und die Längenveränderungen der Metallstäbe durch Hankel untersucht, gelangten entweder nur auf den Umwegen calori- und photometrischer Berechnungen zum Ziele, oder sie sind nur für stärkere Wärmeentwicklungen brauchbar. Dabei erschien es mir unzweckmässig, die Wärme von einem Medium auf andere zu übertragen, nachdem ich in dieser Richtung auch einen Versuch gemacht hatte.

Es gibt nämlich Zimmerthermometer, die statt einer Kugel einen spiralig gewundenen Cylinder besitzen. Ein solches Instrument benützte

ich nun, doch war das Reservoir noch nicht aufgerollt, sondern gerade. Dieses wurde mit dünnem Eisendraht möglichst eng und genau umwunden, doch so, dass sich die einzelnen Windungen nicht berührten.

Bei niederen Stromstärken zeigte sich nun ein Steigen resp. Sinken des Quecksilbers in der Zeigeröhre, bei höherem dagegen schmolz der Draht ab, begann die umhüllende Watte Feuer zu fangen etc., so dass von dieser Combination abgesehen werden musste.

Ich kam nun auf den Gedanken, den Strom durch das Quecksilber selbst gehen zu lassen. Als Leiter erster Classe der Electrolyse nicht unterworfen, mit hohem spezifischen Leitungs-Widerstande begabt und zugleich flüssig musste es, wie ich mir vorstellte, schon geringe Wärmeschwankungen rasch und leicht angeben. Der Strom sollte demnach durch das Reservoir eines Thermometers gehen und den Stand seiner Erwärmung an der Zeigeröhre ablesen lassen.

Bezüglich der Form und Grösse des Reservoirs glaubte ich, dass es nicht kugelförmig, sondern cylindrisch sein müsste, damit die Stromdichte überall möglichst gleich und demgemässs auch die Erwärmung eine gleichmässige sei.

Länge und Weite mussten ferner in einer mittleren Ausdehnung genommen werden, weil das Instrument nicht für extreme Fälle, sondern für eine brauchbare Mitte berechnet war. Einigermaassen musste es schon dem guten Glücke überlassen bleiben, ob die Verhältnisse passend sein würden oder nicht.

Nachdem diese Vorfragen erledigt waren, wandte ich mich zur Ausführung an den bekannten Electrotechniker, Herrn M. Hipp in Neuenburg. Nach mehrfachem Hin- und Herschreiben zog es aber Herr Hipp vor, die Sache Herrn Gaiffe in Paris zu übergeben, was er auch bei Gelegenheit einer Reise persönlich that.

Einige Zeit darauf erhielt ich vom Herrn Gaiffe das Instrument zugeschickt.

Dasselbe besteht nun

a. aus dem Quecksilberreservoir, einer horizontal liegenden Glasröhre von 7,7 Centim. Länge und 3,5 Millim. Weite im Lichten. Die beiden Enden sind etwas knopfförmig gewulstet und nehmen die 6 Millim. langen, 2 Millim. dicken, mit Messingschraube versehenen Zuleitungsdrähte von Platin auf;

b. aus der Zeigeröhre, die von der Mitte des Reservoirs perpen-

diculär nach oben geht. Sie ist im Ganzen 30 Centim. lang, im Lichten etwa $1/6$—$1/8$ Millim. weit, ungefähr der Dicke eines Barthaares entsprechend. An der Verbindungsstelle erweitert sie sich zu einem kleinen kesselförmigen Aufsatze.

Das Ganze ruht auf dem hölzernen Scalenträger, das Reservoir halb eingelassen, doch frei schwebend. Die Scale ist auf der einen Seite der Zigeröhre die des Thermometers nach Celsius, und reicht von -30 bis $+200$; auf der anderen Seite eine einfache Millimetertheilung von 1—270 Millimeter, von Gaiffe „Division arbitraire“ genannt.

Es könnte unrichtig scheinen, dass statt des gut leitenden Kupfers das schlecht leitende Platin als Zuleitungsdraht verwendet ist. Indess ist doch der Leitungsabstand zwischen Platin und Quecksilber noch ziemlich bedeutend; sodann findet auf technischer Seite eine theilweise Compensation dadurch statt, dass der Ausdehnungscoëfficient des Platins merklich kleiner als der des Kupfers ist, dass demnach die Verbindungsstelle des Glases und Platins cæteris paribus weniger zu leiden hat, als bei Kupfer, und endlich gab der Umstand den Ausschlag, dass Platin sich gut in Glas einschmelzen lässt. Es musste die technische Schwierigkeit gelöst werden, dass bei der Erwärmung das Glas nicht springe und bei der Abkühlung kein Quecksilber ausfliesse.

Schon der Umstand, dass das Instrument als einfaches Celsius'sches Thermometer graduirt werden konnte, sprach für die richtige Ausführung. Die in der Folge unternommenen Versuche bestätigten das Resultat. In den ersten Versuchen war mir ordentlich bange, ob ein verhängnissvoller Ton das Springen des Glases anzeigte; das Unglück geschah aber nicht, so dass ich nach und nach Vertrauen gefasst habe.

Die Erwärmung des Glases wird häufig eine nicht unbeträchtliche, die des Platins ziemlich geringer, wie ich mich oft überzeugt habe. Durch Watte habe ich die Wärmeabgabe zu vermeiden gesucht.

Auf der Reise von Paris hat sich etwas Quecksilber vom allgemeinen Stamme gelöst und adhäretisch im oberen Ende der Zeigeröhre festgesetzt, allwo es, trotz aller Schüttelversuche, festsitzt. Erwärmung habe ich vermieden, ein Unglück befürchtend.

Noch habe ich zu bemerken, dass das Instrument bereits an der

Pariser Weltausstellung functionirte. Herr Gaiffe stellte einen Zwillingsbruder des meinigen, wie mir Herr Prof. E. Hagenbach mittheilte, unter irgend einem ungewöhnlichen Namen aus. Endlich musste das Ding auch einen Namen haben. Ich habe es, wie aus der Ueberschrift ersichtlich, Galvanothermometer genannt.

Ich habe das Instrument dazu benützt, die thermischen Leistungen verschiedener Batterien und Elemente zu vergleichen, und dann als Strommesser überhaupt, ähnlich wie Dela Rive das Metallthermometer benützt hat. Bisher habe ich jedoch den Wärmeverlust unberücksichtigt gelassen, ein Mangel, worauf mich Herr Prof. E. Hagenbach aufmerksam gemacht hat. Wenn ich einige Zahlen anführe, so geschieht es blos, um die Empfindlichkeit des Instrumentes als Stromwärmemesser und Strommesser zu zeigen.

1	El.	bewirkt	7°	Steigung	in	2 Minuten
1	„	„	2°	„	„	2 „

Beides gleich construirte Zinkkohlenelemente von Hipp (mit Lösung von $KaO\,2CrO^3 + SO^3 + aq$) geben doch verschiedene Steigung; sind also ungleich, während an der Tangentenbussole nur eine geringe Differenz zu sehen.

6	El.	hintereinander	bewirken	3°	Steigung	in	2 Minuten
12	„	„	„	1°	„	„	2 „
18	„	„	„	2°	„	„	2 „
24	„	„	„	1,50°	„	„	2 „

wie nach dem Ohm'schen Gesetz nicht anders zu erwarten war. Dagegen steigerte die Vergrösserung der Oberfläche die Wärmeproduction rasch.

2	El.	verbunden	zu 1	bewirken	10°	Steigung	in	1 Min.
4	„	„	„ 1	„	25°	„	„	1 „
6	„	„	„ 1	„	35°	„	„	1 „
12	„	„	„ 2	„	50°	„	„	1 „
24	„	„	„ 2	„	90°	„	„	1 „

Die höchste Steigung, die ich wahrgenommen, beträgt 118°.

Mit Platindrähten verglichen, ergab sich:

Entsprechend 46° Steigung wurde ein Platindraht von 1 Millim. Dicke und 8 Centim. Länge schwarzglühend, bei 69° rothglühend, bei 81° stark rothglühend, bei 118° stark weissglühend.

Es lässt sich nach den bisher bekannten Gesetzen annehmen, dass mit wechselnden Widerständen, also mit veränderter Construction des Instrumentes, andere Wärmegrade beobachtet würden, wenn auch die Ströme gleich geblieben wären. Man könnte demnach, um seine Empfindlichkeit zu steigern oder zu schwächen, das Instrument in verschiedenen Ausdehnungen oder in einem Normalmaass verfertigen, wovon ich vorderhand Abstand genommen habe. Weitere Versuche werden überhaupt erst über die allgemeine Brauchbarkeit des Instrumentes Aufschluss geben.

Ich füge noch bei, dass die Herren Prof. Müller aus Freiburg i. B. und Prof. Hagenbach von hier das Intrument in Thätigkeit gesehen haben.

II.

Die modificirte Wippe.

(Fig. 2 u. 3.)

Die Physiker halten mit Recht den Quecksilberschluss für ein besonders guten; und weil sie denselben benützt, erschien mir auch die Pohl'sche Wippe immer als ein vorzügliches Instrument. Sie besitzt als Commutator noch den Vorzug, dass der Stromlauf leicht kann übersehen werden. Und darin übertrifft sie die meisten anderen Gyrotropen, oder wohl alle. Wer solche Apparate tagtäglich zu gebrauchen hat, weiss es zu schätzen, wenn nicht heute eine Metallfeder lahm geworden ist, oder morgen sich eine verdeckte Schraube gelockert hat, abgesehen von dem Zeitverlust, der aus dem Aufsuchen des Stromlaufes erwächst.

Als einfacher Stromwender leistet die Pohl'sche Wippe, was von einem vollkommenen Apparate verlangt werden kann. Der Electriker hat aber mit dem Richtungswechsel häufig noch andere Wünsche zu verbinden, zunächst den der Unterbrechung zwischen den Phasen des Wechsels, dann den, verschiedene Ströme bei sitzenden Electroden ein- und auszuschalten, oder denselben Strom in rascher Folge zu verschiedenen Messinstrumenten etc. zu leiten. Von verschiedenen Seiten sind zu diesem Behufe mannigfache Leitungsvorrichtungen angegeben worden. Brenner [1]) z. B. stellt die Leitungen unter der Platte des

1) R. Brenner, Untersuchungen etc. Bd. II. Leipzig 1869.

Tisches her, worauf die Apparate stehen; bei Frommhold in Pest habe ich ähnliche auf den Tischen liegende Verbindungen gesehen, die jedenfalls den Vorzug der Uebersichtlichkeit bieten. Ich bin je länger je weniger ein Freund der verdeckten Leitungen. Marey [1]) dagegen beschreibt eine Leitung, wobei vier Dubois'sche Schlüssel zur Verwendung kommen.

Ich habe mir die Frage vorgelegt, ob diese verschiedenen Postulate in einem leicht zu handhabenden Instrumente zu vereinigen seien, und will hier den Apparat beschreiben, den ich nach längerem Suchen gefunden, und dessen ich mich seit einiger Zeit mit grosser Bequemlichkeit bediene.

Die „modificirte Wippe“ besteht aus zwei kreisrunden Scheiben von Mahagoniholz. Die eine (A) von 19 Centim. Durchmesser und 2 Centim. Dicke trägt die andere (B) von $13^1/_2$ Centim. Durchmesser und $1^1/_2$ Centim. Dicke. Wir nennen die erste fixe Scheibe, die zweite Drehscheibe, denn diese dreht sich auf der ersten um einen conisch geschnittenen Messingzapfen, kann aber in jeder beliebigen Lage durch eine am Zapfen angreifende Schraube festgestellt werden (1). Uebrigens ist die Drehscheibe zur Hälfte ihrer Dicke in die fixe Scheibe eingelassen.

In die Oberfläche des peripheren Ringes, der von der fixen Scheibe allein sichtbar bleibt, sind in gleichen Abständen zwölf Näpfe eingebohrt (2) von je 1 Centimeter Durchmesser. Am Boden jedes Napfes kommt das Ende einer messingenen Klemmschraube (3) zum Vorschein, welche den Rand der Scheibe in radiärer Richtung verlässt. Der Körper der Klemmschrauben ist cylindrisch und sehr dick, er trägt die Schraube oben und das Loch zur Aufnahme der Leitung an seiner peripheren, glatt abgeschnittenen Fläche, also umgekehrt wie bei der Pohl'schen Wippe. Das Loch ist excentrisch, der unteren Peripherie näher gebohrt, damit der Schraubengang ein möglichst langer sei.

Auf der Drehscheibe befinden sich a) die Wippe, b) das Drahtkreuz, c) vier Näpfe und d) die Verbindungshaken.

Ad a. Die Wippe ist der Pohl'schen nachgebildet, nur ist ihr nichtleitendes Mittelstück aus Elfenbein sehr stark gearbeitet. Mit ihren Füssen steht sie auf zwei diametral entgegengesetzten Metall-

1) E. J. Marey, du mouvement dans les fonctions etc. Paris 1868. S. 315.



pflöcken (4) und ist mit diesen durch grosse Schrauben (5), immerhin beweglich verbunden. Von der Basis der Pflöcke greifen starke Stahlfedern aufwärts an die Füsse der Wippe und drücken dort mit einem Kamme in eine entsprechende Rinne. Diese Federn fixiren die Wippe, wenn sie aufrecht steht; ein leichter Druck genügt, um die Federnkämme aus den Rinnen zu heben und so die Wippe umzulegen. Endlich sind die Pflöcke mit Klemmschrauben versehen.

Ad b. Das Drahtkreuz ist durch drei Paare von Messingbügeln (6) an die Drehscheibe angeschraubt und so nicht beliebig zu entfernen, wie bei der Pohl'schen Wippe. Seine Kreuzung musste nach der einen Seite verlegt werden, weil sich die metallene Axe in der Mitte befindet. An der äusseren Seite der Drähte, nahe der Scheibenperipherie, befinden sich c) die vier Näpfe von gleicher Grösse wie die der fixen Scheibe; Bügel verbinden Näpfe und Drähte.

Wird die Wippe umgelegt, so greifen ihre Arme in je zwei Näpfe ein. Schliesslich treten von den vier Enden des Drahtkreuzes d) starke Messinghaken ab, mit jenen durch Schraubencharniere verbunden, können also gehoben und gesenkt werden und greifen hiebei, wenn die Drehscheibe richtig steht, in die Näpfe der fixen Scheibe.

Soll der Apparat gebraucht werden, so füllt man die Näpfe mit Quecksilber.

Der Stromlauf ist demnach folgender: Von einer Klemme tritt der Strom in den entsprechenden Napf der fixen Scheibe, durch den gesenkten Haken auf die Drehscheibe in das Drahtkreuz, durch dessen einen Napf in die eine Seite der Wippe, deren Metallpflock und die Leitungsdrähte in den Körper, und von dort durch die andere Wippenhälfte etc. aus der nächstgelegenen Klemme wieder aus. Richtungswechsel wird durch Umlegen der Wippe bewerkstelligt, wobei die Wippe den Strom erst nach der Kreuzung aufnimmt. Es können auch je zwei Haken durch einen nichtleitenden Querarm verbunden und dadurch in einem Tempo gehoben und gesenkt werden. Eine Nebenschliessung wird dadurch hergestellt, dass der zweite Stromkreis vom zweiten Hakenpaare, resp. den von ihm berührten Näpfen und Klemmen abgeleitet wird. Ein Rheostat z. B., als Nebenschliessung eines constanten Stromes, wird den Polen der Batterie diametral gegenüber eingesetzt und alle vier Haken werden gesenkt. Mit den übrigen acht Klemmen können nun noch vier Ströme verbunden werden, z. B. ein primärer, ein secundärer Inductionsstrom, ein selbstthätiger Unterbrecher etc.

Legt man einen Drahtbügel in die Näpfe des secund. Stromes, so wird die secundäre Spirale zum Dämpfer der primären. Ueberhaupt lassen sich durch Bügel, welche verschiedene Näpfe verbinden, mancherlei Combinationen herstellen.

Soll bei sitzenden Electroden ein anderer Strom in Anwendung kommen, so hebt man die gesenkten Haken, dreht die Scheibe bis zum gewünschten Strome und senkt sie dort wieder in die Näpfe. Alle diese Bewegungen werden mit einer Hand leicht und rasch ausgeführt.

Soll derselbe Strom zu verschiedenen Apparaten geleitet werden, so werden seine Pole in die Pflöcke der Wippe eingeschraubt und die Instrumente mit den Klemmen der fixen Scheibe verbunden. Die Drehscheibe bringt den Strom der Reihe nach mit allen Instrumenten in Verbindung, vorausgesetzt, dass es nicht mehr als sechs sind. Hier liegen auch die Gränzen des Apparates. Es sind nur sechs Zu- oder Ableitungen möglich, wenn man, was übrigens leicht möglich, die Näpfe der fixen Scheibe nicht vermehrt.

Das Princip des Apparates ist also das, dass die Pohl'sche Wippe, als Stromwender und Unterbrecher wirkend, auf eine Drehscheibe gestellt ist und den Strom nicht direct aufnimmt oder abgiebt, sondern erst durch Vermittlung der fixen Scheibe, wodurch dann eine Vervielfältigung der Pohl'schen Wippe ad libitum gegeben ist. Die Verbindungen sind entweder durch feste Schrauben hergestellt. Der gesammte Stromlauf liegt offen zu Tage. Als schwache Seiten werden sich die Contactstellen zwischen Wippe und Stahlfedern bemerklich machen; sie lassen sich aber durch Auflegen eines Stahlplättchens jeweilen wieder stärken.

Das Instrument wurde nach meinen Zeichnungen von dem hiesigen Mechaniker und Optiker Herrn G. Herg, Freie Strasse, angefertigt; derselbe liefert es zum Preise von 45 Frs.

III.
Interruptor.
(Figur 4 und 5.)

Ein häufig gebrauchtes Instrument ist ein Unterbrecher; ein Interruptor, ein Apparat, der Ströme in bestimmten und regelmässigen Zeiträumen zu unterbrechen hat. Dazu könnte man ein beliebiges Uhr-

werk gebrauchen. Remak hat aber schon die Nothwendigkeit betont, das Verhältniss von Stromschluss und Pause beliebig modificiren zu können, und hat in diesem Sinne das Spiralrheotom angewandt. Zu genauer messenden Versuchen schien mir jenes Instrument nicht ausreichend. Ich construirte deswegen, mit Herrn Hipp mich verständigend, ein anderes in folgender Weise.

Auf einem parallelopipedischen Brette (*A*) von 46 und 25 Centim. Randlänge liegt in zwei Achsenlagern (*b*) eine metallene Walze (*B*) von 23 Centim. Länge und 14 Centim. Umfang und an der Walze stecken 57 Messingringe, sich je 3—4 Millim. über den Kern der Walze erhebend, in Abständen von 3 Millim. Die Ränder der Ringe sind mit Einschnitten versehen.

Nr. 1 besitzt einen kurzen Einschnitt, Nr. 2 einen von der halben Peripherie, Nr. 3 einen von fast der ganzen, so dass auf der circumcidirten Peripherie nur ein Zahn übrig bleibt. Die drei ersten Ringe gehören bezüglich der Zahl der Einschnitte zusammen, sind aber in deren Ausdehnung verschieden. In gleicher Weise folgen 11 Drillinge, indem jeder folgende einen Einschnitt mehr besitzt.

Von dem 37. Ringe sind Zähne und Einschnitte gleich und nehmen bis zum 52. um je 3 Einschnitte zu, so dass der 37. Ring 15, der 45. 39, der 52. 60 Zähne hat; Nr. 53 bis 55 haben 90, 120 und 180 Zähne.

Vor und längs der Walze liegt, in das Brett eingelassen, eine Schiene (*C*), ähnlich der des Dubois'schen Schlittenapparates, nur von Messing.

Auf der Schiene läuft ein Schlitten (*D*) von Ebenholz mit Messingfuss (*K*) und zwei Messingtische (m_1 m_2) tragend von je 6 Centim. Länge und 2 Centim. Breite. Ihr Abstand ist 2 Millim.

Auf jedem Tisch steht in Achsenlager (*n*) ein winklig gebogener Messingbalken, deren einer (o_1) mit einem Kopfe (*p*) in die Ringe der Walze greift, deren anderer (o_2) dagegen sich zum Hals des ersten hinüberbiegt. Durch Federn (*q*) werden sie nach oben, resp. nach der Walze zu gedrückt und durch Stellschrauben (*r*) beliebig regulirt. Ausser den nöthigen Befestigungsschrauben trägt jeder Tisch Klemmschrauben (*s*).

Der Strom wird demnach geschlossen, wenn sich die Balkenarme berühren; und dies geschieht cæteris paribus, sobald der Kopf des einen Balkens über die Erhabenheiten eines Ringes schleift.

Die Walze hat also nur die Berührung der Messingbalken zu vermitteln und mit dem Strome selbst nichts zu thun.

Ein zweiter Schlitten (D_2) steht dem letzten Ringe des Apparates gegenüber, dem ersten in seinen wesentlichen Theilen gleich gebaut, nur ist er vertical und nicht horizontal verschiebbar.

Die beiden letzten Ringe, Nr. 56 und 57, deren ich nun noch zu gedenken habe, sind congruent gearbeitet und haben je 18 Einschnitte. Werden beide Schlitten mit denselben in Verbindung gesetzt, so kann dadurch ein Disjunctor hergestellt werden, wie ihn Valentin modificirt hat.

Die Walze wird durch ein Uhrwerk (H) getrieben, welches am einen Ende des Brettes feststehend angebracht ist, und dieses wieder durch ein Eisengewicht von 16 Pfund. Der Gang des Werkes ist ein regelmässiger, wenn es schon nur durch einen Windflügel regulirt wird. Es ist so genau gearbeitet, dass keinerlei Störung eintritt, wie es übrigens von Herrn M. Hipp nicht anders zu erwarten war. Die Walze macht 1 Umdrehung per Secunde, sobald das Werk in Thätigkeit gesetzt wird.

Durch Verschiebung des seitlich beweglichen Schlittens wird nun ein Strom beliebig von 1—180 mal in der Secunde geöffnet und geschlossen innerhalb der angegebenen Grenzen. Es versteht sich ferner von selbst, dass der Apparat statt des Neef'schen Hammers in den Inductionskreis treten und die Zahl der Inductionsschläge beliebig und genau herstellen kann. Die Disjunctorräder gestatten eine vollkommen sichere Ausschaltung der Schliessungs- und Oeffnungsschläge des secundären Kreises.

Ueber die Verwendung des Apparates zu electrophysiologischen und electropathologischen Untersuchungen ist zu berichten hier nicht der Ort.

Das Instrument hat einen Fehler: den nämlich, dass es sehr theuer ist. Es kostet ca. 500 Frs.; doch ist es möglich, dass weitere Exemplare billiger sein werden, da ich an dem meinen einige Aenderungen habe vornehmen lassen.

IV.

Stromwähler.

(Batterieverbindung.)

Figur 6 und 7.

Die nach Remak von Siemens und Halscke (Krüger u. Hirschmann) ihren Elementen beigegebene Einrichtung leidet an dem wesentlichen Mangel, dass sie keine Schwellströme erlaubt. Es kann, wie in einem Gewichtsatze, wohl jede beliebige Elementenzahl eingeschaltet, nicht aber ein regelmässiger Vor- oder Rückschritt hergestellt werden. Einige Electrotherapeuten haben diesem Uebelstande auf verschiedene Weise abgeholfen. Ich will mir im Folgenden erlauben, meine Einrichtung, die mir einfach und solid erscheint, kurz zu beschreiben.

Die 60 Elemente meiner Batterie stehen in einem Schranke, der 110 Centim. hoch und breit, 41 Centim. tief ist, zu drei Etagen übereinander.

Auf der oberen Fläche (*a*) des Schrankes (*A*), nahe dem hintern Rande und diesem parallel festgeschraubt, befinden sich 3 Schienen aus Nussbaumholz von je 90 Centim. Länge, 5, 2½ und 2½ Centim. Breite (*B*, *C*, *D*).

Auf der hintersten Schiene befinden sich 60 Messingwürfel (*b*) von 1 Centim. Kante, von vorn nach hinten durchbohrt, von oben her mit einer Schraube (*c*) versehen.

Die zweite Schiene ist nur der sogenannte Schwalbenschwanz, worauf der Schieber schleift.

Die dritte Schiene, etwas höher als die anderen, trägt auf ihrer hinteren Fläche einen Messingbelag (*d*), auf ihrer oberen, den Würfeln genau entsprechend, die Nummern 1 – 60.

Der Schieber (*E*), dem Stöhrer'schen nachgebildet, ist ebenfalls von starkem Holze, bequem zu fassen. Er wird von einer Messingführung durchsetzt, die aus zwei Schienen besteht (*q*, *r*), ganz wie ein Schustermaass, die sich also der Länge nach an einander verschieben. Die innere Schiene tangirt mit einem Kopfe (*s*) die Würfel, die andere mit einer breiten Fläche (*t*) den Messingbelag der dritten Holzschiene. Durch starke stählene Federn (u, u_1) werden beide nach aussen an die Berührungsflächen gedrückt.

Alle Theile sind leicht aus einander zu nehmen und zu reinigen.

Die Aufstellung der Batterie geschieht nun folgender Maassen: Vom Zinkpol des ersten Elementes, das zu unterst und hinten links

im Schranke steht, läuft ein Kupferdraht zu einer besonderen Klemmschraube, die neben den Schienen auf dem Schranke steht. Der Draht fügt sich durch eine Schlinge an die Schraube des Zinkes und geht an der Rückseite des Schrankes durch zwei kleine Ringe nach oben. — In ganz gleicher Weise sind alle anderen Leitungsdrähte geführt und gefügt, so dass die Rückseite des Schrankes mit Drähten überspannt erscheint, wie eine Harfe mit Saiten. Von jeder Zinkkupferverbindung geht nämlich ein Draht zu einem Messingwürfel, wo er durch die Schraube festgehalten, und an seinem Ende platt abgeschnitten wird. Auf diese Weise enden sämmtliche Kupferpole in den Würfeln. Durch den Schieber wird der +Strom auf den Messingbeleg der dritten Schiene und von dort durch eine stabile Leitung auf eine zweite feste Klemme übertragen. Der Schieberkopf berührt nur einen Würfel, wenn er genau auf dessen Mitte steht, sonst zwei benachbarte. Der Strom wird also nie unterbrochen, sondern nur verstärkt oder abgeschwächt.

Endlich ist zu bemerken, dass der Kopf, der auf den Würfeln schleift, eine leichte Charnierbewegung nach links und rechts hat, wodurch der Lauf des Schlittens sehr erleichtert wird. Und in der That bewegt sich dieser mit der grössten Leichtigkeit hin und her; in $1^1/_2$ Jahren, dass ich ihn gebrauche, hat nie etwas versagt, nie etwas gefehlt, als hie und da ein Tropfen Oel.

Die angegebene Einrichtung lässt den Strom sehr leicht mit den verschiedensten Apparaten verbinden (zu deren Aufstellung auf dem Schranke noch ziemlich viel Raum übrig bleibt), besonders wenn die modificirte Wippe als Bindeglied gebraucht wird.

Als Nachtheil muss ich hervorheben, dass das erstmalige Einrichten der Batterie etwas mühsam ist, wenn man es selbst besorgen will. Jeder halb verständige Mechaniker kann es übrigens auch. Muss die Batterie behufs Reinigung auseinander genommen werden, so bleiben die Kupferdrähte durch ihre Starrheit in einer ziemlich deutlichen Lage schweben, so dass sie sich von selbst dem Schlusse wieder bieten. Gewiss ist aber auch hier die Mühe grösser als bei den weniger zahlreichen Drähten der Siemens'schen Einrichtung.

Dafür ist aber die tagtäglich wiederkehrende Annehmlichkeit des Gebrauches sehr viel grösser.

Ein altes Sprichwort sagt, dass man von zwei Uebeln das kleinere wählen solle; und man wird dies um so lieber thun, wenn

man das grössere selbst tragen müsste, das kleinere aber auf die Schultern eines Anderen abladen kann.

Erklärung der Abbildungen auf Tafel XXIII.

Fig. 1. Galvanothermometer.

a. Horizontale Röhre (Reservoir) mit Platindrähten und Klemmschrauben.

b. Zeigeröhre, zu beiden Seiten die Scalen.

Fig. 2 u. 3. Modificirte Wippe.

A die fixe Scheibe.

2 die Näpfe. 3 die von ihnen ausgehenden Klemmschrauben.

B die Drehscheibe.

1 die Stellschraube. 4 die Messingpflöcke, welche die Füsse der Wippe *a* aufnehmen. 5 die Achsenschraube der Wippe.

b das Drahtkreuz mit 6 einem Befestigungsbügel.

c die vier Näpfe der Drehscheibe, durch Bügel mit dem Drahtkreuz in Verbindung.

d die Verbindungshaken, vom Drahtkreuz in die Näpfe der fixen Scheibe greifend.

Fig. 4 u. 5. Der Interruptor.

A das Brett.

B die Walze, in den Achsenlagern *b* liegend, die Ringe 1—57 tragend (wovon jedoch nur 1—9 und 51—57 ausgezeichnet sind).

C die Messingschiene, worin

D der horizontal verschiebbare Schlitten läuft.

Auf *D* die Messingtische m_1 und m_2.

Auf m_1 und m_2 in den Achsenlagern *n* die Messingbalken o_1 mit Kopf *p*, und o_2, an den Hals von o_1 angreifend.

q die Federn.

r die Stellschrauben, welche o_1 und o_2 reguliren.

s die Klemmschrauben zur Aufnahme der Zuleitungsdrähte.

D_2 der vertikal verschiebbare Schlitten mit seiner Stellschraube. sonst Alles gleich wie bei *D*.

H das Uhrwerk.

Fig. 6 u. 7. Der Stromwähler.

A der Schrank.

B dritte Schiene mit *d* Messingbeleg.

C mittlere Schiene (Führung des Schlittens).

D erste Schiene mit den Messingwürfeln *b* und deren Schrauben *c*.

E der Schieber,

q und *r* die ihn quer durchsetzenden Messingschienen, in engem Contact mit einander.

s seitlich beweglicher Kopf von *q* auf *b*.

t grössere Contactfläche von *r* auf *d* schleifend.

u die Stahlfedern, welche *t* und *s* lateralwärts treiben.

Ueber Spectra negativer Electroden und lange gebrauchter Geissler'scher Röhren.

Von

Prof. Dr. Edm. Reitlinger und **Prof. Moriz Kuhn.**

(Von den Herren Verfassern freundlichst eingesandt.)

In der Zwischenzeit von Brewster's und Miller's Arbeiten bis zu den epochemachenden von Bunsen und Kirchhoff vollzog sich der Fortschritt der Spectralanalyse vorzüglich auf electrischem Gebiete. Man lernte die Metalllinien von jenen trennen, die von den Bestandtheilen der Luft herrühren, und Dove lenkte bereits 1858 die Aufmerksamkeit auf die verschiedenen Spectra an einer positiven und an einer negativen Electrode [1]: er hob die unmessbar rasche Umwandlung des einen Spectrums in das andere bei der Commutation und die eventuellen Aufschlüsse, die man auf diesem Wege über die Beschaffenheit des Nordlichtes bekommen könne, hervor. Gleichfalls 1858 begann Plücker seine berühmten Arbeiten über die Spectra in Geissler'schen Röhren. Im selben Jahre verglich auch van der Willigen das Luftspectrum an der positiven und negativen Electrode und constatirte die dem Letzteren eigenthümlichen drei Maxima [2]. Die chemischen und astronomischen Triumphe der Spectralanalyse nahmen in den nächsten Jahren nach Bunsen's und Kirchhoff's Auftreten alle Thätigkeit in Anspruch und so blieben Dove's und van der Willigen's Beobachtungen bis vor Kurzem ohne Fortsetzung und eingehendere Bearbeitung. Aber an die mit verdünnten Gasen gefüllten Röhren knüpfte sich die räthselhafteste Entdeckung, welche die Spectralanalyse seit Bunsen und Kirchhoff bereicherte, die mehr-

---

1) Pogg. Ann. 1858, Bd. CIV, S. 184—188.

2) Pogg. Ann. 1859, Bd. CVI, S. 626 u. ff.

facher Spectra eines und desselben Stoffes, welche von Plücker und Hittorf gemacht [1]), durch Wüllner bestätigt und ausgedehnt wurde [2]). Sie wurde vor wenigen Monaten von Dubrunfaut bestritten [3]), indem er das zweite Wasserstoffspectrum Wüllner's durch Stickstoffreste im Gase erklären wollte. Wüllner hat aber seine Entdeckung dieser Erklärung gegenüber aufrecht erhalten [4]), und dass er dies zu thun berechtigt war, hat unsere, im Folgenden mitgetheilte Untersuchung vollständig bestätigt. Dennoch müssen in Plücker's und Wüllner's Entdeckung die thatsächlichen Erscheinungen von der theoretischen Auslegung unterschieden werden, und wir werden auf die wichtige Frage nach der Mehrheit der Spectra eines Stoffes als solchen am Schlusse der vorliegenden Arbeit nochmals zurückkommen. 1865 veröffentlichte Waltenhofen eine interessante Arbeit über die Reihenfolge, in welcher Spectrallinien bei fortgesetzter Verdünnung verschwinden [5]). Bereits im Jahre 1858 hat Plücker auch das eigenthümliche magnetische Verhalten des Lichtes am negativen Pole entdeckt [6]). Da dessen Erklärung jedoch bis heute nicht von jeder Schwierigkeit befreit ist, so musste sich hiedurch das Interesse an der spectralanalytischen Verschiedenheit zwischen dem Lichte im positiven Theile des electrischen Funkens und dem Lichte an der negativen Electrode steigern.

Indem wir im October vorigen Jahres beschlossen, die Studien Dove's und van der Willigen's aufzunehmen, waren wir von drei Gedanken vorzüglich geleitet: 1. hofften wir über das magnetische Licht Aufschlüsse zu erlangen; 2. musste es uns nach den älteren Angaben möglich scheinen, spectralanalytische Kennzeichen für negativelectrische Zustände zu bekommen und dadurch negative Electricität vielleicht in grossen irdischen und himmlischen Erscheinungen entdecken zu können; 3. durften wir erwarten, vielleicht zwischen den

---

1) Philos. Trans. 1865, Bd. 155, S. 1 u. ff.

2) Festschrift der niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zur 50jährigen Jubelfeier der Universität Bonn. Bonn bei A. Markus 1868. S. 7. Pogg. Ann. 1868, Bd. CXXXV, S. 496 u. ff. 1869, Bd. CXXXVII, S. 37 u. ff.

3) Compt. rend. T. 69, p. 1245. T. 70, p. 448.

4) Compt. rend. T. 70, p. 125.

5) Sitzb. d. k. Akad. d. W. math.-naturw. Cl. LI. Bd. II. Abth. 1865, S. 535 u. ff.

6) Pogg. Ann. 1858, Bd. CIII, S. 88 u. ff.

mehrfachen Spectris eines Stoffes im engen Theil und den mehrfachen Spectris je nach der Electrode einen Zusammenhang zu entdecken.

Sicher aber mussten wir neue Thatsachen auffinden, wenn wir den Unterschied des Lichtes an den beiden Electroden nicht blos bei Luft, sondern bei den einzelnen Gasen aufsuchten. Wir durften voraussetzen, dass Stickstoff und athmosphärische Luft übereinstimmen würden, und dass Wasserstoffgas, Sauerstoffgas etc. Neues geben würden. In der That verschafften wir uns drei Geissler'sche Röhren, eine Stickstoffröhre, eine Wasserstoffröhre und eine Sauerstoffröhre, bezeichnet entsprechend mit N, H und O, und wir fanden am negativen Pole von N die van der Willigen'schen drei Maxima, am negativen Pol von H ein grüngelbes Maximum, am negativen Pol von O sechs Maxima; ein rothes, ein gelbgrünes, ein grünes, ein grünblaues, ein blaues und ein violettes. Diese drei Spectra beobachteten wir bereits November, aber wir wollten von den sämmtlichen Spectris dieser Röhren sorgfältige Zeichnungen anfertigen und diese mit einer gleichzeitigen Zeichnung des Sonnenspectrums combiniren, um unsere Resultate durch Beziehung auf die nächstliegenden Fraunhofer'schen Linien sowohl selbst mit Beobachtungen der *Aurora borealis*, des Zodiacallichtes, der Protuberanzen und anderer kosmischen Lichterscheinungen vergleichen zu können, als auch für spätere Beobachter unsere Wahrnehmungen verwendbarer zu machen.

Diese Beobachtungen machten wir mit einem gewöhnlichen Spectralapparate, der ein Steinheil'sches Flintglasprisma besitzt. Um sowohl den Beobachtungen als auch den Zeichnungen ein grösstmögliches Maass von Genauigkeit zu geben, wandten wir uns an Herrn Professor Hlasiwetz, und derselbe stellte uns mit grösster Liberalität den in seinem Besitze befindlichen, vom Professor, nunmehrigen Hofrath, Ritter von Schrötter und Herrn Starke sehr zweckmässig construirten, mit drei Prismen versehenen grossen Spectralapparat zu Gebote. Sollten die Zeichnungen [1]) die nöthigen Details, einen genügend grossen Maassstab und die erforderliche Genauigkeit besitzen, so konnten sie nur in einem längeren Zeitraume vollendet werden. Inzwischen erschien in den Comptes rendus der Pariser Academie vom 10. Jänner eine Mittheilung Secchi's, worin er nebst Anderem, was sich direct auf die Sonne bezieht, auch erwähnt, dass er mehr-

1) Dieselben fertigt Prof. Kuhn an.

fache Spectra desselben Stoffes je nach dem engen oder weiten Theile der Geissler'schen Röhren wahrnimmt[1]). Er schreibt diese verschiedenen Spectra demselben Stoffe bei verschiedener Temperatur zu. Insbesondere glaubt er, der Erste zu sein, der im engen und weiten Theile einer Geissler'schen Röhre verschiedene Spectra sieht. Aber eine Arbeit über die Schichtung des electrischen Lichtes, die einer von uns am 3. Jänner 1860 veröffentlichte, knüpfte bereits an eine solche Beobachtung des Hofrathes von Ettingshausen an[2]).

Durch langen Gebrauch erlitten zwei unserer Stickstoffröhren und eine Wasserstoffröhre Modificationen, auf welche wir später zurückkommen. Neben den Beobachtungen am grossen Apparate stellten wir am kleinen Apparate Vergleichungen mittelst des sogenannten „Vergleichungsprisma's" an. Wir verglichen die drei Spectra am negativen Pole mit den von Plücker zunächst berücksichtigten Spectris der capillaren Theile der drei Röhren, sowie auch mit dem Spectrum des Quecksilbers. In letzterer Beziehung sei erwähnt, dass wir eine möglichst vollständige Vergleichung mit allen Metallspectris beabsichtigen. Das Resultat unserer bisherigen Vergleichungen ist folgendes: von den drei Maximis am negativen Pole der Stickstoffröhre stimmt das am wenigsten brechbare (gelbgrüne) mit der hellsten Sauerstofflinie, d. h. mit der hellsten Linie im engen Theile der Sauerstoffröhre. Das zweite Maximum stimmt mit gar keiner Linie eines engen Theils; das dritte Maximum stimmt mit einem schwachen Bande im engen Theile der Stickstoffröhre, wobei wir vorläufig nur von unmodificirten Röhren sprechen. Das Maximum am negativen Pole des Wasserstoffs stimmt mit keiner Linie im engen Theile einer unmodificirten Röhre. Von den fünf Maximis am negativen Pole der Sauerstoffröhre stimmt das gelbgrüne Maximum mit einer Linie im engen Theile der Sauerstoffröhre, das blaugrüne Maximum mit einer Linie im engen Theile der Stickstoffröhre, das violette Maximum mit der violetten Quecksilberlinie, das grüne und das blaue Maximum jedoch

1) Compt. rend. T. 70, pag. 82.

2) Sitzb. d. k. Acad. d. W. math.-naturw. Cl. XLIII. Bd. 1861. S. 15 u. ff. — S. 16 sagt der Verfasser der Arbeit: „Ich hielt es daher für interessant, zu untersuchen, ob die obenerwähnte Verschiedenheit der Spectra in den verschieden weiten Theilen der Geissler'schen Röhren von einer Verschiedenheit des Spectrums einer und derselben Substanz je nach der Weite der Röhre oder von einer Anordnung verschiedener Stoffe herrührt."



stimmt mit keiner Linie im engen Theile der drei unmodificirten Röhren. Von den Uebereinstimmungen schwächerer Linien behalten wir uns vor, bei späterer Gelegenheit vollständigere Mittheilung zu machen. Auch müssen wir beifügen, dass die Vergleichungen nur jene Genauigkeit besitzen, die der kleine Apparat gestattet. Wir haben ferner die drei negativen Spectra unter einander verglichen und gefunden, dass gar keine Maxima miteinander übereinstimmen, doch findet sich das violette Maximum am negativen Pole des Sauerstoffs als deutliche Linie auch am negativen Pole des Stickstoffs. Da beide Röhren von Geissler mittelst der Quecksilberluftpumpe hergestellt sind, so kann das Auftreten der violetten Quecksilberlinie in beiden Fällen keine Verwunderung erregen. Unter Berücksichtigung des Quecksilberspectrums, von dem noch eine oder die andere Linie ausser der erwähnten mit schwachen Linien in den Röhren stimmt, ergibt sich jedenfalls aus den vorliegenden Beobachtungen bereits das wichtige Resultat, dass man abgesehen von Quecksilber- und später zu erwähnenden Natrium-Spuren mindestens sechs verschiedene Spectra in den drei Röhren hat.

Indem am grossen Apparate die Beobachtungen sehr lange fortgesetzt wurden, ergab sich nicht nur die von Wüllner beobachtete Veränderung der Wasserstoffröhre, sondern auch eine nicht minder interessante Modification der Stickstoffröhre. Die modificirte Wasserstoffröhre ergab das von Wüllner *H*II benannte, von Bettendorff in der Festschrift zum Bonner-Jubiläum gezeichnete Spectrum. Indem der eine von uns sowohl dieses, als das Spectrum im engen Theile der noch nicht modificirten Stickstoffröhre zeichnete, ergab sich mit unwiderleglicher Evidenz, dass dieses Spectrum nicht von Stickstoffresten in der Wasserstoffröhre herrühren kann, dass also Wüllner gegen Dubrunfaut in dieser Beziehung unbedingt Recht hat.

Was die Modification der Stickstoffröhre betrifft, so nahm sie folgenden Verlauf. Während Anfangs das negative Glimmlicht in scharfer Begrenzung und wenig ausgebreitet den negativen Poldraht umgab und der jenseits des dunklen Raumes befindliche Theil des betreffenden weiteren Röhrenstückes wenig hell war, wurde nach einiger Zeit das Glimmlicht grösser und füllte den ganzen Raum um den negativen Poldraht bis zum Glase; zugleich war auch der jenseits des dunklen Raumes befindliche Theil des betreffenden Röhrenstückes heller geworden. Da trat eine weitere Veränderung der Röhre derart ein,

dass das Glimmlicht nahezu verschwand, das Licht an der Uebergangsstelle von der capillaren Röhre zum Stücke am negativen Pole sich schichtete und eine hellere Stelle zeigte, das Licht im engen Theile an Helligkeit abnahm und zugleich lavendelblau wurde, und endlich auch im Stücke am positiven Pole dunkle Schichten auftraten. Binnen einer halben Stunde war, nachdem einmal diese Erscheinungen sichtbar geworden waren, die Modification vollendet. War dies geschehen, so verschwanden die während des Ueberganges wahrnehmbaren Schichten wieder gänzlich. Dagegen trat nun eine wunderschöne und äusserst lebhafte Fluorescenz ein, und zwar nicht nur am negativen Pole, sondern wohl in dem am negativen Pole befindlichen Röhrenstücke, aber daselbst nun jenseits des dunklen Raumes, gegen den engen Theil der Röhre zu am lebhaftesten. Auch dort wo der positive Pohldraht das Glas berührte, trat eine deutliche Fluorescenzwirkung hervor. Ja zuweilen war die Fluorescenz in allen Theilen der Röhre bis zum dunklen Raume deutlich sichtbar, und nur gerade am negativen Pole war Dunkelheit. Zugleich war am positiven Pole eine dem Glimmlicht im späteren Stadium ähnliche Lichtumfluthung eingetreten. In der capillaren Röhre bemerkte man ab und zu, namentlich während des Umwandlungsprocesses, hell leuchtende gelbe Puncte. Sie traten an dem Ende der Röhre auf, das dem negativen Pole näher liegt. Der Spectralanalyse unterworfen ergaben diese gelben Puncte ein Natriumspectrum von äusserster Lebhaftigkeit. Hervorzuheben ist noch, dass die lavendelblaue Färbung des engen Theiles nicht plötzlich auftritt, sondern sie wird zuerst an der dem negativen Pole zunächst liegenden Stelle der Capillarröhre sichtbar und breitet sich von da immer mehr nach der Mitte aus. Eine Commutation beschleunigt in diesem Stadium die Umwandlung, und nach derselben ist sie binnen Kurzem vollständig vollbracht.

Wenn man eine modificirte Stickstoffröhre der Untersuchung mit dem kleinen Apparate und dem Vergleichsprisma unterwarf, so ergab sich folgende merkwürdige Thatsache: die drei Maxima, die man am negativen Pole der unmodificirten Stickstoffröhre findet, sind jetzt in allen Theilen der Röhre sichtbar. Am negativen und positiven Pol, namentlich am letzteren, sieht man beinahe nur die drei Maxima. In der Mitte ist ein reicheres Spectrum, aber mit Ausnahme einiger schwacher Nebenlinien stimmen dieses Spectrum und das am negativen Pol der unmodificirten Stickstoffröhre überein — um ganz deutlich zu sein:

nicht blos auf die drei Maxima, sondern ferner noch auf zahlreiche andere sichtbare Linien bezieht sich diese Uebereinstimmung und nur in wenigen schwachen Nebenlinien lässt sich eine Verschiedenheit bemerken. Es ist also in dieser Röhre das, was van der Willigen und Andere als das negative Spectrum der Luft betrachteten, durch alle Theile wahrnehmbar. Die Beobachtung gewinnt an Interesse, wenn wir uns erinnern, dass nun auch der positive Pol wie von Glimmlicht umfluthet ist, und dass die Fluorescenz des Glases jetzt keineswegs mehr am negativen Pole allein oder vorzüglich auftritt, sondern dass sie auch jenseits des dunklen Raumes und am positiven Pole bemerkbar ist, ja manchmal jenseits des dunklen Raumes viel stärker als am negativen Pole, ja sogar bisweilen nur bis zum dunklen Raume, äusserst lebhaft, ohne sich über denselben hinaus zu erstrecken. In solcher Weise bekommt nach langem Gebrauch eine Stickstoffröhre ebenso wie eine Wasserstoffröhre ein neues Spectrum, was wir, wenn wir vom negativen Pol der unmodificirten Röhre nichts wüssten, als *N* II in analoger Art auffassen könnten, wie Wüllner das Spectrum in der durch langen Gebranch modificirten Wasserstoffröhre als *H* II betrachtet.

Nun wissen wir aber, dass es das Spectrum des negativen Pols ist, das sich in der modificirten Röhre in allen Theilen findet. Ist vielleicht etwas Aehnliches auch bei der modificirten Wasserstoffröhre der Fall? Wir haben wohl nicht nöthig, erst darauf hinzuweisen, welch' merkwürdiger Zusammenhang sich in diesem Falle zwischen den Spectris am negativen Pole und den neuen Spectris im engen Theil durch langen Gebrauch modificirter Röhren ergäbe und wie dadurch *H* II Wüllner's in eine höchst beachtenswerthe Relation gebracht wäre. Nun die Beobachtung zeigt am negativen Pol einer Wasserstoffröhre ein grüngelbes Maximum, dem zwei schwache: eine grüne und grüngelbe Linie, vorangehen und zwei schwache: eine blaugrüne und eine blaue, folgen, die mit dem grünblauen und blauen Maximum des negativen Pols der Sauerstoffröhre übereinstimmen. Im engen Theil der modificirten Röhre ist die Natrium-Doppellinie am hellsten, gehört aber natürlich nicht zu *H* II. Was von *H* II im kleinen Apparat sichtbar ist, sind fünf Linien, die mit den am negativen Pol der Wasserstoffröhre bemerkbaren vollständig übereinstimmen, nur dass das Maximum nicht so deutlich hervortritt. Ueberhaupt zeigen sich bei den eben besprochenen Spectris manche relative Helligkeits-

unterschiede, auf die wir für diesmal noch nicht eingehen. Die Auslegung dieser Thatsachen ergibt sich von selbst und wird durch folgende merkwürdige Beobachtung noch evidenter.

Wir pumpten auf einer zweistiefligen Luftpumpe eine Röhre so lange aus, bis die Barometerprobe ihren niedersten Stand erreicht hatte und sich zeigte, man könne nicht weiter. Die abgeschmolzene Röhre zeigte im engen Theile eine Uebereinanderlagerung des gewöhnlichen Sauerstoff-, Wasserstoff- und Stickstoff-Spectrums; die Sauerstofflinien waren davon die relativ hellsten. Am negativen Pole der Röhre sah man auch, wie meist bei Luftröhren, drei Maxima, neben denen wenig mehr wahrzunehmen war; bei näherer Prüfung zeigte sich aber, dass diese drei Maxima nicht die gewöhnlichen waren, sondern mit den drei Wasserstofflinien, d. h. $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$ stimmten.

Ein besonderes Interesse nehmen noch die Fluorescenz-Erscheinungen in Anspruch. Längst ist die Fluorescenzwirkung des electrischen Funkens bemerkt worden, insbesondere findet man aber allgemein die Fluorescenzwirkung des Lichtes am negativen Pole hervorgehoben. Diese Sprechweise, die man noch in allen Büchern angewendet findet, gehört aber jedenfalls Anschauungen über das electrische Licht an, welche mit den durch die Spectralanalyse rectificirten nicht mehr übereinstimmen. Durch die Spectralanalyse ist es höchst wahrscheinlich geworden, dass die Zusammensetzung des von einem glühenden Körper ausgesendeten Lichtes nicht von der Ursache des Glühzustandes, z. B. Verbrennungsprocess, electrischer Strom etc., sondern nur von der materiellen Beschaffenheit des glühenden Körpers abhängt. Was ist Fluorescenz anderes als die Wirkung ultravioletter Lichtbestandtheile? Warum sollte also hier etwas anderes gelten? Dadurch, dass nun mit der Verbreitung des sichtbaren Spectrums des Lichtes am negativen Pole durch die ganze Röhre eine analoge Ausbreitung der Fluorescenzwirkung Hand in Hand geht, wird die richtige Auffassung der Fluorescenzwirkung in markanter Weise unterstützt. Eine interessante Beobachtung ist es auch, dass bei einer modificirten Stickstoffröhre die Fluorescenzwirkung unter gewissen Umständen durch Stromtheilung wie verstärkt erscheint. Man kann sich dieselbe kaum anders erklären, als dass im letzteren Falle gerade der die Fluorescenzwirkung bedingende materielle Träger einen mindestens relativ grösseren Antheil an der Strahlenemission erhält. Also auch diese Beobachtung ist nur mit der von uns vertretenen Ansicht von der Fluorescenz-

wirkung des electrischen Lichtes einer plausiblen Deutung fähig. — Um es nochmals kurz und mit anderer Ausdrucksweise zu sagen: Es verhält sich mit den ultravioletten Strahlen, wie mit den sichtbaren, sie werden von den Stoffen, wenn dieselben glühen, emittirt, sind für dieselben charakteristisch, wie Spectrallinien, aber unabhängig von der Glühursache, sei dieselbe chemisch oder, wie in unserem Falle electrisch. Dass sich dies durch unsere Untersuchung bestätigte, dürfte der Beachtung würdig sein.

Kehren wir jetzt nochmals auf die Frage der mehrfachen Spectra einfacher Stoffe zurück, so wie auf die Spectra positiven und negativen Lichtes. Die Verbreitung der Spectra des negativen Lichtes in modificirten Röhren, so wie das Wasserstoff-Spectrum am negativen Pole unserer selbsterzeugten Röhre scheinen für den stofflichen Ursprung dieser Spectra zu sprechen. Sollte bei dem Zusammenhang der Spectra modificirter Röhren mit denen des negativen Lichtes nicht auch der stoffliche Ursprung dieser zweiten Spectra wahrscheinlich sein?

Die Thatsache, dass der negative Pol einer neuen Röhre schon dasselbe Spectrum besitzt, wie der enge Theil der lange gebrauchten, legen wir also dahin aus, dass ein bestimmtes Stoffgemenge, durch dieses Spectrum charakterisirt, am negativen Pole glüht. Jedenfalls glüht sodann dieses selbe Gemenge bei der modificirten Röhre auch im engen Theil, sei es, dass sich durch den langen Gebrauch dieses Stoffgemenge selbst immer mehr entwickelt, z. B. aus dem Glase, oder sei es, dass es durch Verschwinden des Hauptstoffes, indem z. B. derselbe von den Electroden absorbirt wird, zur überwiegenden Geltung in der ganzen Röhre kommt. In dem „Stoffgemenge" dürften sich übrigens Stoffe in grösserer Anzahl befinden. Die von uns bereits begonnene Reduction der einzelnen Linien auf einzelne Stoffe wird eine unserer nächsten Aufgaben bilden.

Ueber einen einfachen Apparat zur Nachweisung des magnetischen Verhaltens eiserner Röhren.

Von

Prof. Dr. A. v. Waltenhofen in Prag.

(Hiezu Tafel XVII Figg. 1 u. 2.)

(Vom Herrn Verfasser gütigst mitgetheilt.)

In der zweiten Abhandlung meiner „electromagnetischen Untersuchungen" (Wiener acad. Anzeiger vom 19. Mai d. J.) habe ich nachgewiesen, dass weite Röhren aus dünnem Eisenblech bei Stromstärken, welche eine gewisse Grenze nicht überschreiten, viel stärker magnetisch werden, als gleich lange massive Stäbe von gleichem Gewichte bei gleicher magnetisirender Kraft, so dass solche Röhren bei gewissen Stromstärken sogar bedeutend schwereren massiven Stäben überlegen sind, dass jedoch bei grösseren Stromstärken die Ueberlegenheit der letzteren hervortritt, indem ja der dem Gewichte proportionale Grenzwerth des erreichbaren Magnetismus (wie ich in meiner Abhandlung „über die Grenzen der Magnetisirbarkeit" nachgewiesen habe) von der Form der Electromagnete unabhängig ist.

Diese Thatsache lässt sich mittelst eines sehr einfachen Apparates, welchen ich vor Kurzem construirt habe und welcher in der beigefügten Zeichnung abgebildet ist, zum Gegenstande eines eclatanten Experimentes machen.

An einem Wagebalken ist einerseits ein massiver eiserner Cylinder und anderseits ein zur Herstellung des Gleichgewichtes mit Tara gefülltes gleichlanges Rohr von grösserem Durchmesser, aber viel kleinerem Gewichte, aus dünnem Eisenblech gefertigt, aufgehängt, und zwar in solcher Höhe, dass die beiden auf solche Art äquilibrirten Cylinder etwa zur Hälfte in zwei darunter aufgestellte, entsprechend weite und ganz gleich gearbeitete Magnetisirungsspiralen versenkt sind,

die miteinander auf die in der Zeichnung Tafel XVII Fig. 1 angedeutete Art mittelst einer Drahtklemme verbunden sind.

Lässt man nun durch beide Spiralen einen starken Strom gehen, so sinkt der massive Stab, in seine Spirale hineingezogen, in Folge seines bei dieser Stromstärke grösseren magnetischen Momentes; vermindert man aber die Stromstärke durch Einschaltung eines entsprechend grossen Widerstandes, so neigt sich der Wagebalken alsbald auf Seite des Rohres, indem bei kleineren Stromstärken das Rohr stärker magnetisch wird. Der Uebergang aus einer Lage in die andere entspricht einer Stromstärke, bei welcher sich ein labiles Gleichgewicht einstellt, indem jener Eisenkern das Uebergewicht erhält, welchen man tiefer in seine Spirale senkt. Zwischen dieser mittleren Stromstärke und Null liegt eine Stromstärke, für welche das Uebergewicht des Rohres über den massiven Stab sein Maximum erreicht, während das Maximum des Uebergewichtes des massiven Stabes über das Rohr einer unendlich grossen Stromstärke entsprechen würde.

Bezeichnet man nämlich (wie in der Figur 2 angedeutet ist) mit $y = F(P, x)$ und $y = f(p, x)$ die Intensitätscurven für den massiven Stab vom Gewichte P und das Rohr vom Gewichte p, wobei x die magnetisirenden Stromstärken und y die beim beschriebenen Versuche in Betracht kommenden erregten Magnetismen bedeuten (welche Magnetismen entsprechende aliquote Theile von denjenigen sein werden, die dieselben Eisenkerne bei gleicher Stromstärke in der normalen Lage in der Mitte der Spirale annehmen würden), so erhebt sich, wie aus meinen Versuchen hervorgeht, bei kleineren Stromstärken die Curve $y = f(p, x)$ über die andere und durchschneidet dieselbe in einem Puncte M, dessen Abscisse $OQ = x'$ eben jene Stromstärke ist, welche dem massiven Stabe und dem Rohre gleiche Momente y' ertheilt. Ueber diese Stromstärke hinaus verläuft die Curve $y = F(P, x)$ über der anderen, indem sich beide ihren Asymptoten nähern, deren Abstände von der Abscissenaxe den Gewichten P und p proportional sind. Zwischen dem Ursprunge O und dem Puncte M, d. i. $x'y'$, ist die Differenz $f(p, x) - F(P, x)$ positiv und erreicht für eine gewisse zwischen O und x' gelegene Abscisse OR ihr Maximum NS.

Bei meinem Apparate sind die Dimensionen folgende: Der massive Stab ist ein 103 Mm. langer und etwa 14 Mm. dicker Cylinder von nahe 128 Grammen Gewicht, während das gleichlange und etwa 17 Mm. weite Rohr nur 24 Grammen wiegt. Jede der beiden Spiralen ist

91 Mm. hoch und 30 Mm. weit und hat 144 Windungen eines 3 Mm. dicken Kupferdrahtes. Der Wagebalken ist so eingestellt, dass bei horizontaler Stellung desselben die Eisenkerne etwa 45 Mm. weit aus den Spiralen hervorragen, also mit ihren unteren Enden etwa bis zur Mitte der Spirale hineinreichen. Als Stromquelle dienten zwei Kohlenzinkelemente und als Stromregulator ein Schrauben-Rheostat oder eine Widerstandsscala.

Der beschriebene Versuch, der bei richtiger Einstellung des Wagebalkens stets mit Sicherheit und Präcision gelingt, gestattet eine elegante Demonstration dieses instructiven Beispieles magnetischer Sättigung mit überraschender Evidenz.[1])

---

1) Ich habe den Versuch des Herrn v. Waltenhofen mit Erfolg wiederholt und kann der Apparat durch meine physikalische Anstalt bezogen werden.

Carl.

Ueber electromagnetische Tragkraft.

Von

Prof. Dr. A. v. Waltenhofen in Prag.

(Hiezu Tafel XVIII Figg. 1—3.)

(Vom Herrn Verfasser gütigst eingesandt.)

Die bisherigen Untersuchungen über die Tragkraft von hufeisenförmigen Electromagneten haben zu ganz widersprechenden Resultaten geführt. Man fand die Tragkräfte bald in demselben Verhältnisse wie die Stromstärken, bald in einem kleineren, bald wieder in einem grösseren Verhältnisse wachsen.

Eine proportionale Zunahme ergibt sich z. B., wie Jacobi gezeigt hat, aus den Versuchen von Dal Negro und auch aus einigen Versuchen von Jacobi selbst. Aehnliches fand Fechner. Dagegen fanden Lenz und Jacobi bei Anwendung von abgerundeten Ankern eine etwas raschere Zunahme der Tragkraft, womit auch Dub's Beobachtungen übereinstimmen, — bei anderen Versuchen mit ebenen Ankern jedoch ein Zurückbleiben der Tragkraft hinter der Stromstärke. Dieses letztere Verhalten beobachteten auch Müller und Poggendorff und zwar in sehr hohem Grade. — Dub, welcher ein solches Zurückbleiben der Tragkräfte bei seinen Versuchen nur an einem dünnen Hufeisen beobachtete, behauptet: dass die Tragkraft in einem Verhältnisse wachse, welches zwischen dem einfachen und quadratischen liegt, jedoch näher dem letzteren.[1]

Die widersprechenden Resultate anderer Experimentatoren, welche eine geringere Zunahme der Tragkraft fanden, namentlich die von Dal Negro, Fechner, Müller und Poggendorff beobachteten

1) Eine Uebersicht der bisherigen Untersuchungen über die Tragkraft von hufeisenförmigen Electromagneten findet man in Dub, „Electromagnetismus" Seite 137 bis 143 und in Wiedemann, „Galvanismus und Electromagnetismus" 2. Band, Seite 402—416.

Verhältnisse, glaubt Dub durch die Annahme erklären zu können: die bei diesen Versuchen benutzten Magnete seien gegenüber den in Anwendung gebrachten Stromstärken von so kleinen Dimensionen gewesen, dass „Sättigung eingetreten ist," — eine Annahme, die wohl dahin gestellt bleiben muss, da nirgends die Daten angegeben sind, aus welchen sich ermitteln liesse, welche Sättigungsgrade die besagten Magnete bei jenen Versuchen thatsächlich erreicht haben.

Unter dem „Eintreten der Sättigung", wenn dies nicht eine ganz vage Bezeichnung sein soll, kann hier wohl nichts anderes verstanden werden, als eine Magnetisirung, welche im Vergleiche mit der erzeugenden Stromstärke bereits hinter der dem Lenz-Jacobi'schen Gesetze entsprechenden Proportionalität zurückgeblieben ist. In der That gebraucht Dub obigen Ausdruck stets in diesem Sinne.

Dies vorausgesetzt, kann die obige von Dub aufgestellte und meines Wissens ziemlich allgemein angenommene Behauptung über das Wachsen der Tragkraft keinen anderen Sinn haben, als:

„So lange Ströme angewendet werden, mit welchen die im nicht verankerten Hufeisen erzeugten Magnetismen proportional bleiben, wachsen die Tragkräfte rascher als jene Ströme."

Denn, wollte man den Zustand vor eintretender Sättigung in dem bisher nirgends angewendeten Sinne auffassen, dass die im verankerten Hufeisen erregten Magnetismen den angewendeten Stromstärken proportional wären, so würde einerseits der Satz: dass in diesem Falle die Tragkraft rascher als die Stromstärke wächst, eine ganz selbstverständliche nothwendige Folgerung sein, die gar keines Beweises mehr bedürfte, — anderseits aber auch gar keinen Werth haben, weil man eben nicht weiss, ob überhaupt jemals innerhalb messbarer Grenzen eine solche Proportionalität stattfindet, vielmehr Poggendorff's Versuche[1]) über das totale Moment eines verankerten Magneten nur ein Zurückbleiben desselben hinter den Stromstärken constatirt und somit den fraglichen Zustand vor eintretender Sättigung in diesem Sinne als nicht existirend herausgestellt haben.

Nimmt man aber das oben erwähnte Gesetz der Tragkraft in dem angegebenen einzig zulässigen Sinne, so steht es mit sorg-

---

1) Pogg. Ann. Bd. 85 (siehe Wiedemann, II, 401).

fältigen und zahlreichen Versuchen, welche ich darüber angestellt habe, im entschiedensten Widerspruche.

Diese Versuche, welche Gegenstand der vorliegenden Abhandlung sind, dürften insofern grosses Gewicht haben, weil bei jedem derselben der durch den magnetisirenden Strom hervorgebrachte Sättigungsgrad im nicht verankerten Magnet direct und genau gemessen worden ist, so dass darüber gar kein Zweifel obwalten kann, während die bisherigen Versuche über die dabei angewendeten Sättigungsgrade gar keinen Aufschluss geben, weshalb denn auch alle unter diesbezüglichen Voraussetzungen daraus abgeleiteten Schlussfolgerungen — da diese Voraussetzungen eben nicht constatirt werden können — als auf unbewiesenen Annahmen beruhend, ganz unzuverlässig sind.

Der Apparat, dessen ich mich bei meinen Versuchen bediente, bestand aus folgenden Theilen:

1. Die Vorrichtung zur Messung der Tragkräfte. Dieselbe ist Fig. 1 abgebildet. Im unteren Theile eines rahmenförmigen hölzernen Gestelles ist der untersuchte Electromagnet mit aufwärts gekehrten Schenkeln befestigt. Sein Eisenkern ist ein, soweit die Magnetisirungsspirale reicht, fast halbkreisförmig zusammengebogener runder Stab von 181 Millimeter Länge und 10 Millimeter Durchmesser und wiegt 116,39 Grammen. Diesen Eisenkern umgibt eine dicht anliegende Spirale von 52 Windungen eines 2 Millim. dicken gut übersponnenen Kupferdrahtes. Ein zweiter, genau eben solcher Electromagnet diente als Anker und zwar entweder:

A. im nicht magnetisirten Zustande, das heisst in der Weise, dass seine Spirale unbenutzt blieb, oder

B. in der Art, dass derselbe Strom sowohl durch die Windungen des fixen Electromagneten, als auch durch jene des eben besagten Ankers geleitet wurde und somit beide genau gleich magnetisirte, wobei die Drahtverbindung selbstverständlich so angeordnet war, dass die ungleichnamigen Pole übereinander kamen.

C. Ausserdem war beim Apparate noch ein dritter Anker, bestehend aus einem Stücke weichen Eisens von beiläufig 133 Millimeter Länge, 44 Millimeter Breite, 10 Millimeter Dicke und 500,4 Grammen Gewicht. Die für die ebenen Polflächen des Electromagneten bestimmte Seite dieses Ankers ist halbcylindrisch abgerundet, während der andere Anker, so wie der fixe Electromagnet, ebene Berührungsflächen hat.



Der bei den betreffenden Versuchen benutzte Anker wurde, wie aus der Abbildung ersichtlich, an eine Federwage gehängt, die selbst wieder an einer einfachen Aufzugsvorrichtung hängt. Eine starke Saite nämlich, an deren einem Ende die Federwage befestigt ist, läuft zunächst über eine fixe Rolle am oberen Querbalken des Gestelles und ist mit ihrem anderen Ende an der Peripherie einer an demselben Querbalken befindlichen zweiten Rolle festgemacht, die mittelst einer in der Richtung eines Radius angebrachten Handhabe gedreht werden kann. Diese zweite Rolle ist übrigens, wie die Abbildung zeigt, auch noch mit einer Verzahnung versehen, welche ihre Arretirung mittelst eines Sperrhakens gestattet, wovon übrigens in den meisten Fällen kein Gebrauch gemacht wurde, indem dieser Sperrhaken in der Regel ausgerückt blieb.

Bei diesem Apparate konnte man nun, sobald der Anker angezogen war, mit einer bequem und sicher auszuführenden Handbewegung an der Kurbel, die Federwage beliebig langsam spannen und den Gang des Zeigers dabei verfolgend die Spannung ablesen, bei welcher das Abreissen des Ankers erfolgte.

2. Der Apparat zur Bestimmung des Sättigungsgrades des Electromagneten. Zu diesem Zwecke benutzte ich meinen in der Abhandlung „Ueber das electromagnetische Verhalten des Stahles“ (Wiener Sitzungsber. Bd. 48) beschriebenen und seither auch bei anderen Untersuchungen vielfach verwendeten magnetischen Messapparat in der Fig. 2 dargestellten Anordnung. — In einem der beiden Schlitten — westlich von der Bussole — befand sich in senkrechter Lage zum magnetischen Meridian ein gerader Electromagnet, der, sowohl was den Eisenkern, als auch was die Spirale betrifft, auf das Genaueste mit dem oben beschriebenen Electromagnet übereinstimmt, mit dem einzigen Unterschiede, dass eben der eine gebogen, der andere aber gerade ist. — Oestlich von der Bussole befand sich eine gleiche Spirale wie bei dem soeben beschriebenen geraden Electromagnet, aber ohne Eisenkern, zur Vermeidung von Biegungen jedoch mit einem eingeschobenen Holzstäbchen von gleicher Grösse versehen, welches in der Zeichnung weggelassen ist. Beide Spiralen waren so eingestellt und verbunden, dass sich ihre Wirkungen auf die Nadel vollkommen aufhoben, was vor jeder Versuchsreihe, nach vorläufiger Entfernung des Eisenstabes, mit den grössten verfügbaren Stromstärken sorgfältig geprüft wurde.

Hatte man sodann den Eisenstab wieder eingeschoben, so zeigte die Bussole lediglich die vom Stabe bewirkten Ablenkungen an, aus welchen sofort auch die den angewendeten Stromstärken entsprechenden Sättigungsgrade des geraden und des gleichzeitig in dieselbe Stromleitung eingeschalteten hufeisenförmigen Electromagneten (diesen letzteren als nicht verankert angenommen) berechnet werden konnten[1]).

Zum Behufe dieser Rechnungen war die Horizontalintensität des Erdmagnetismus am Aufstellungsorte dieses Apparates zuvor mit einem Lamont'schen Theodolith wiederholt gemessen und (in dem nicht eisenfreien Locale) = 1,725 gefunden worden. Der Abstand der Mitte des Stabes von der Axe der Bussole betrug 593,5 Millim.

Die mehrfach erwähnte Bussole ist eine besonders sorgfältig gearbeitete mit einer Balkennadel mit Achathütchen versehene Messtischbussole.

3. Die zur Erzeugung, Messung, Regulirung und Umkehrung des Stromes dienenden Instrumente und Geräthschaften.

Als Stromquelle diente eine Kohlenbatterie, welche bei den zulässigen Widerstandsänderungen eine Steigerung der Stromstärke bis zu circa 250 chemischen Einheiten gestattete, welche Stromstärke eben erforderlich war, um den Eisenkern bis zu 50% der absoluten Sättigung zu bringen.

Zum Messen der Stromstärke dienten abwechselnd zwei Gaugain'sche Tangentenbussolen, bei welchen sich für die Reductionscoëfficienten der Ablenkungstangenten auf chemisches Maass beziehungsweise die Zahlen 4,43 und 40,81 ergeben hatten.

Zur Regulirung des Stromes waren eine Siemens'sche Widerstandsscala und ein Schrauben-Rheostat nach Poggendorff (mit Serpentinwalze) in Verwendung.

Zur Umkehrung und Unterbrechung des Stromes diente ein Pohl'sches Gyrotrop, aus Quecksilbernäpfen und dicken Drahtbügeln gebildet.

---

1) Gleichwohl wird im Allgemeinen, wenn man sich einen geraden Electromagnet zu einem Hufeisen zusammengebogen denkt, diese Formänderung in Folge der Wechselwirkung beider Schenkel eine etwas veränderte magnetische Erregung bedingen; doch kann dieselbe im vorliegenden Falle bei der verhältnissmässig grossen Entfernung beider Schenkel keinen irgend erheblichen Einfluss auf den hier in Rede stehenden Sättigungsgrad haben.



Die einzelnen Theile des beschriebenen Apparates waren so aufgestellt und verbunden, dass weder der Hufeisenmagnet noch die Leitungsdrähte eine störende Wirkung auf die beiden Bussolen üben konnten und dass die Bussole des magnetischen Messapparates auch keine Störung von Seite der Tagentenbussole erfuhr. Doch wäre die Entfernung dieser beiden Instrumente zu gering gewesen, um auch eine störende Wirkung des geraden Electromagneten auf die Tangentenbussole zu verhindern, weshalb der Eisenkern vor jeder Ablesung an der Tangentenbussole aus seiner Spirale (welche für sich allein nicht mehr auf die Tangentenbussole wirkte) entfernt werden musste, nachdem zuvor seine Wirkung auf die Messtischbussole an dieser abgelesen worden war. Dies geschah für jede Stromstärke zweimal, nämlich bei gewechselter Stromrichtung, und sind daher die nachstehend angeführten Ablenkungswinkel an beiden Bussolen immer die Mittel aus je zwei bei entgegengesetzter Stromrichtung gemachten Ablesungen. Bei jeder Stromrichtung wurden mindestens zwei Tragkraftsbestimmungen gemacht, also mindestens vier bei jeder Stromstärke, deren Mittel die nachstehend angegebenen Tragkräfte sind.

In solcher Weise wurden mehrere Versuchsreihen ausgeführt, so dass endlich fast für jede einzelne oder doch nicht viel verschiedene Stromstärken mehrere Tragkraftsbestimmungen vorlagen, von welchen jedoch immer diejenige, welche den grössten Werth ergab, als die richtigste angesehen und bei der graphischen Darstellung (Fig. 3.) der Versuchsresultate zu Grunde gelegt wurde. Es ist nämlich bei magnetischen Tragkraftsbestimmungen allgemein üblich und auch ganz gerechtfertigt, nach diesem Grundsatze vorzugehen, indem man wohl annehmen muss, dass dort, wo bei Anwendung gleicher Stromstärken verschiedene Tragkräfte sich ergaben, die kleineren durch ungünstige Stellungen des Ankers beim Abreissen herbeigeführt worden sind.

Die in der Rubrik α stehenden Zahlen sind die Ablenkungen an der Tangentenbussole und es bedeutet die beigefügte römische Zahl das bei dem betreffenden Versuche benutzte Instrument, nämlich I jenes mit dem grösseren, II jenes mit dem kleineren Reductionsfactor.

Unter s sind die Stromstärken nach chemischem Maasse angeführt.

Unter β kommen die vom geraden Electromagneten bewirkten Ablenkungen an der Messtischbussole vor und unter p die entsprechenden Sättigungsgrade in Procenten, wobei ein Moment von 2100

absoluten Einheiten per Milligramm als Grenze der Magnetisirbarkeit angenommen war.[1]) Die mit V überschriebenen Zahlen sind die Verhältnisszahlen dieser Sättigungsgrade unter sich, wobei die kleinste bei meinen Versuchen vorgekommene Sättigung von 3,01 % als Einheit zu Grunde liegt. — Die Quotienten $\frac{p}{s}$ lassen die Proportionalität zwischen Magnetismus und Stromstärke erkennen.

Unter T endlich sind die Tragkräfte in Kilogrammen verzeichnet. Sie sind an der von 2 bis 20 Kilogramm hergestellten und von Zeit zu Zeit revidirten empirischen Scala der Federwage abgelesen, oder vielmehr die oben näher bezeichneten Mittelwerthe dieser Ablesungen.

Mit jedem der drei Anker A, B und C wurden Versuche gemacht und ich lasse die Ergebnisse derselben nun der Reihe nach folgen.[2])

Anker A.

Nr.		α	s	β	p	T	$\frac{p}{s}$	V
1	II	74°48′	16,29	2°22′	3,01	1,97	0,194	1,00
2	II	81 3	28,11	4 22	5,57	4,17	0,198	1,85
3	II	82 51	35,29	5 19	6,79	4,92	0,192	2,25
4	II	84 27	45,55	6 58	8,91	6,27	0,196	2,96
5	I	65 27	89,35	13 42	17,78	10,27	0,199	5,90
6	II	87 23	96,86	14 35	18,98	10,27	0,196	6,30
7	II	88 3	130,01	18 49	24,85	11,37	0,191	8,24
8	I	77 48	188,77	27 42	38,29	14,02	0,203	12,70
9	I	80 36	246,53	35 10	51,39	14,42	0,208	17,05
10	I	80 42	249,23	35 33	52,12	14,42	0,209	17,29

1) Siehe meine hierauf bezügliche Abhandlung. Wiener Sitzungsberichte Bd. 59.

2) Selbstverständlich wurde von der an der Federwage abgelesenen Tragkraft überall das Gewicht des betreffenden Ankers, nämlich 0,2313 Kilogr. für A oder B und 0,5001 Kilogr. für C in Abzug gebracht.

Anker B.

Nr.		α	s	β	p	T	$\frac{p}{s}$	V
1	II	74°34′	16,03	2°26′	3,10	5,37	0,193	1,02
2	II	83 15	37,40	5 36	7,15	8,97	0,191	2,37
3	II	84 27	45,55	6 50	8,74	10,27	0,192	2,90
4	II	87 13	91,05	13 34	17,60	13,87	0,193	5,84
5	I	80 12	236,28	34 18	49,75	16,24	0,211	16,51

Anker C.

Nr.		α	s	β	p	T	$\frac{p}{s}$	V
1	I	21°15′	15,87	2°36′	3,31	3,75	0,209	1,10
2	I	33 49	27,34	4 22	5,57	6,15	0,204	1,85
3	I	42 27	37,33	6 21	8,12	7,35	0,217	2,69
4	I	55 45	59,95	10 0	12,86	9,90	0,215	4,27
5	I	57 0	62,85	10 30	13,52	10,90	0,215	4,48
6	I	68 0	101,02	16 45	21,95	12,82	0,217	7,28
7	I	75 57	163,09	25 55	35,44	14,50	0,217	11,76
8	I	79 12	213,95	32 21	46,20	15,50	0,216	15,33

Mit dem Anker *A* war eine grössere Anzahl von Versuchen gemacht worden, von welchen in obiger Tabelle diejenigen zusammengestellt sind, welche die relativ grössten Tragkräfte ergaben. Die übrigen, welche übrigens unter sich ebenfalls einen ziemlich regelmässigen Verlauf zeigen, enthält die nachstehende Tabelle.

Anker A.

Nr.		α	s	β	p	T	$\frac{p}{s}$	V
11	I	30°39′	24,18	4°16′	5,44	3,27	0,225	1,80
12	I	45 27	41,46	6 45	8,63	5,27	0,208	2,86
13	I	52 6	52,43	7 45	9,93	6,07	0,189	3,29
14	I	55 0	58,29	9 45	12,53	6,72	0,215	4,16
15	I	61 21	74,70	12 24	16,04	7,57	0,215	5,32
16	I	68 6	101,53	16 42	21,88	9,02	0,216	7,26
17	I	72 0	125,61	20 30	27,27	10,52	0,217	9,05
18	I	78 57	208,99	30 30	42,96	12,67	0,206	14,25
19	I	80 36	246,53	35 12	51,45	13,22	0,209	17,07

Einen besseren Ueberblick der Resultate gewährt die Fig. 3 beigefügte graphische Darstellung der in den drei ersten Tabellen angeführten Tragkraftsbestimmungen, wobei die Sättigungsprocente als Abscissen und die Tragkräfte in Kilogrammen als Ordinaten aufgetragen sind.

Die Curve für den Anker *C* verläuft zwischen jenen für den nicht magnetisirten und für den magnetisirten Hufeisenanker. Alle drei Curven zeigen eine ziemlich rasche Convergenz gegen eine zur Abscissenaxe parallele Asymptote, welche einem Tragkraftsmaximum von 18 Kilogrammen entsprechen dürfte.

Man sieht, dass die beobachteten Tragkräfte diesem Maximum schon bei einer Stromstärke ziemlich nahe kommen, welche im nicht verankerten Magnet erst ungefähr die halbe Sättigung erzeugt. Ein rascheres Anwachsen der Tragkraft im Vergleiche mit der Stromstärke ist nur bei viel kleineren Sättigungsgraden beobachtet worden, nämlich beim Anker *A* bei Tragkräften zwischen 2 und 4 Kilogrammen, welche Sättigungsgraden von etwa 3 bis 5% im nicht verankerten Magnet entsprechen und etwa dem 26 fachen Gewichte des Magneten gleichkommen. Es

ist daher sehr erklärlich, wenn Dub[1]) z. B. bei seinen Versuchen mit einem Hufeisenmagnet von 1 Zoll Schenkeldurchmesser und 6 Zoll Schenkellänge bis zur Tragkraft von 68 Pfunden eine raschere Zunahme der Tragkräfte im Vergleiche mit Stromstärken erhalten hat. Diese Tragkraft von 68 Pf. beträgt nämlich (wenn die ganze Länge des ausgestreckten Hufeisens zu etwa 18 Zollen gerechnet wird) beiläufig nur das 17fache vom Gewichte des Magneten und lässt daher mit grosser Wahrscheinlichkeit einen noch viel geringeren Sättigungsgrad voraussetzten, als im soeben besprochenen Falle, nämlich von ungefähr 4% im nicht verankerten Hufeisen. Im Bereiche so geringer Sättigungsgrade wächst aber auch der freie Magnetismus eines Eisenstabes noch in einem rascheren Verhältnisse als die Stromstärken[2]). Damit soll übrigens nicht gesagt sein, dass hierin die einzige Ursache für die innerhalb gewisser Grenzen beobachtete raschere Zunahme der Tragkräfte liege, denn offenbar kommt hier auch noch die Rückwirkung des Ankers in Betracht, deren Antheil an der magnetischen Erregung des geschlossenen Hufeisens jedoch mit zunehmender Sättigung sehr rasch abnehmen muss.

In der That ist eine raschere Zunahme der Tragkraft im Vergleiche mit der Stromstärke durch die Versuche von Dub und von mir nur für sehr geringe Magnetisirungen constatirt und in dieser,

---

1) „Electromagnetismus" Seite 141.

2) Ich will hier beispielsweise einen Versuch dieser Art anführen mit einem Eisenstabe, an welchem ich diese Anomalie in einem ungewöhnlich hohen Grade beobachtet habe. Ein 103 Millimeter langer und 20 Millimeter dicker Cylinder wurde magnetisirt in einer eng anschliessenden 91 Millimeter langen Spirale mit 4 Lagen von je 24 Windungen eines 3 Millimeter dicken Kupferdrahtes. Derselbe zeigte bei den in der Rubrik x angeführten Stromstärken (deren Einheit ungefähr 9 chemische Stromeinheiten betrug) die in der Rubrik y beigefügten Magnetismen (in Millionen von absoluten Einheiten ausgedrückt).

x	1	2	3	4	5	6	7
y	6,02	12,97	21,67	31,77	42,32	52,99	64,82

Man sieht hieraus, dass der erregte Magnetismus beinahe im Verhältnisse 1 zu 11 wuchs, während die Stromstärke auf das 7fache gesteigert wurde. Es mag hierbei noch bemerkt werden, dass dieser Stab, welchem vermöge seines Gewichtes ein magnetisches Maximum = 519 entspricht, bei der Stromstärke $x = 3$ eine Sättigung von ungefähr 4% hatte.

aber auch nur in dieser Einschränkung findet sie auch in dem oben Gesagten ihre ganz befriedigende Erklärung.

Eine Tragkraftszunahme aber im quadratischen Verhältnisse der Stromstärke, zu deren Voraussetzung ein nicht ganz richtiges Raisonnement bisweilen geführt hat, ist meines Wissens niemals beobachtet worden und wäre auch nur innerhalb sehr enger Grenzen möglich.

Dazu würde nämlich erforderlich sein, dass auch der im geschlossenen Hufeisen und Anker erregte Magnetismus proportional den successive angewendeten Stromstärken anwachse, was aber nur bei so äusserst geringen Magnetisirungen denkbar ist, bei welchen sichere Tragkraftsbestimmungen kaum ausführbar sein dürften.

Aber nicht nur bei der Berührung zwischen Magnet und Anker, wie sie bei Tragkraftsbestimmungen stattfindet, sondern auch bei der „Anziehung" durch ein dünnes Diaphragma kann jene Proportionalität der in Wechselwirkung stehenden Magnetismen des Hufeisens und Ankers mit der Stromstärke und somit auch die dadurch bedingte Proportionalität der Anziehung mit dem Quadrate der Stromstärke nur eine sehr beschränkte sein. — In der That hat Dub bei einem Hufeisen von 6 Zoll Schenkellänge und $^1/_2$ Zoll Schenkeldurchmesser schon bei nicht sehr starken Strömen Abweichungen von diesem Gesetze erreicht[1]).

Wie rasch die magnetische Sättigung durch die Rückwirkung des Ankers (bei der unmittelbaren Berührung) gesteigert wird, lässt sich an einem speciellen Falle, den meine Versuche darbieten, nachweisen.

Einem Häcker'schen Stahlmagnet vom Gewichte (116 Gr.) meines Electromagneten entspricht nach der (für Grammen umgerechneten) Häcker'schen Formel

$$T = 103{,}33\, P^{\frac{2}{3}}$$

eine Tragkraft von 2,46 Kilogrammen, während seine Sättigung bei vorgelegtem Anker mit 400 absoluten Einheiten per Miligramm (d. i. etwa 20%) gewiss nicht zu hoch angenommen ist, wenn man erwägt, dass ungefähr dieser Sättigungsgrad bei kleinen Stahlmagneten schon im nicht verankerten Zustande erreichbar ist[2]). Ungefähr dieselbe

1) „Electromagnetismus" Seite 132.

2) Nach W. Weber kann man bei einem sehr starken Stahlmagnet 400 absolute Einheiten auf 1 Milligramm Stahl rechnen. Doch scheint der erreichbare permanente Sättigungsgrad nach meinen Erfahrungen in hohem Grade von der Grösse und



Sättigung wird also auch ein Electromagnet haben müssen, um eine gleiche Tragkraft von 2,46 Kilogrammen zu äussern. Erwägt man nun, dass mein Electromagnet die Tragkräfte 1,97 und 4,17 bei Stromstärken hatte, welche im nicht verankerten Magnet beziehungsweise die Sättigungsgrade von 3,01 und 5,57% erzeugten, dass er also — wie man durch Interpolation findet — jene Tragkraft 2,46 bei einer Stromstärke haben würde, welche im nicht verankerten Magnet eine Sättigung von 3,5% hervorbringt, so folgt hieraus, dass dieser Sättigungsgrad durch das Vorlegen des Ankers auf den nahezu 6fachen Betrag (von 20%) gesteigert werden muss.

Demnach erscheint auch das Ergebniss meiner Versuche ganz erklärbar, dass nämlich die Tragkräfte nur bei sehr geringen Magnetisirungen rascher wachsen als die Stromstärken und sehr bald hinter der innerhalb enger Grenzen stattfindenden Proportionalität zurückbleiben, und zwar in der Art, dass Tragkräfte, welche dem Maximum schon ziemlich nahe kommen, schon bei Stromstärken erreicht werden, für welche das Lenz-Jacobi'sche Gesetz für den nicht verankerten Magnet noch in voller Geltung ist. — In der That zeigen meine Versuche mit dem Anker *C* eine Tragkraft (15,5) von 86% des Maximums (18) schon bei einer Stromstärke, welche im nicht verankerten Magnet nur eine Sättigung von 46% hervorzubringen vermag und für welche das Lenz-Jacobi'sche Gesetz noch vollkommen zutrifft.

Die widersprechenden Resultate verschiedener Beobachter, welche für die Tragkräfte bald ein mit den Stromstärken proportionales, bald ein rascheres und bald wieder ein langsameres Wachsen herausgestellt haben, erklären sich also einfach in der Weise, dass jedes dieser drei Gesetze innerhalb gewisser Grenzen Geltung hat, nach Maassgabe des bereits erreichten Sättigungsgrades.

In dem Berichte über die neuesten Fortschritte der Physik (Seite 531) versuchte Müller die Ergebnisse seiner eigenen Unter-

---

Form des Querschnittes abhängig zu sein, denn während es mir z. B. gelungen ist, ein cylindrisches Stäbchen aus glashartem Wolframstahl von 6 Millim. Durchmesser bis auf nahe 470 Einheiten per Milligramm bleibend zu magnetisiren, fand ich bei zwei Haarlemer Magnetstäben vom Querschnitte $(17)^2$ Quadratmillimeter (bei etwa 100 Millimeter Länge) Momente von nur 40 bis 50 Einheiten per Milligramm.



suchungen über magnetische Tragkraft, welche ebenfalls eine rasche Annäherung an ein Maximum herausgestellt haben, mit seiner Formel für den Zusammenhang zwischen Magnetismus und Stromstärke in Einklang zu bringen, indem er dabei von dem Grundsatze ausgeht, dass die Tragkraft jedenfalls dem Quadrate des erregten Magnetismus proportional sein müsse.

Wenn Müller in Folge dessen sofort in der Formel

$$s = ad^{\frac{3}{2}} \operatorname{tg} \frac{m}{bd^2}$$ [1]

statt m die Quadratwurzel der Tragkraft $\sqrt{t}$ substituirt, so ist dagegen zunächst einzuwenden, dass dieser Vorgang nur dann zulässig ist, wenn man m nicht mehr die ursprüngliche Bedeutung des in einem nicht verankerten Magnet erzeugten freien Magnetismus, für welchen einzig und allein die Müller'sche Formel nachgewiesen worden ist, beilegt, sondern von der ganz willkürlichen Annahme ausgeht, dass diese Formel auch für den im geschlossenen Hufeisen erregten Magnetismus, der eben bei der Tragkraft in Rechnung kommt, Geltung habe. Natürlich hat dann auch a einen andern Werth, als wenn die Formel ihre gewöhnliche Bedeutung beibehalten soll, während b durch die Einführung von $\sqrt{t}$ sofort auch von der Gestalt des Magneten und seines Ankers abhängig wird.

Dies vorausgesetzt, kommt die weitere Frage in Betracht, ob die so transformirte Formel eine befriedigende Uebereinstimmung mit den Beobachtungen zeigt,

Da die Seite 532 und 533 des citirten Berichtes enthaltene Zusammenstellung beobachteter und berechneter Werthe nicht vollständig ist, so habe ich die Rechnung beispielsweise für alle Seite 528 verzeichneten mit dem Magnet Nr. I bei Anwendung der Spiralen II, III und IV angestellten Versuche ausgeführt mit Beibehaltung der von Müller selbst bestimmten Constanten. Dabei hat sich herausgestellt, dass die meisten Werthe allerdings gut stimmen, mitunter aber auch bedeutende Abweichungen hervortreten, wie z. B. die bei den Stromstärken 5, 10, 16 und 24 beobachteten Tragkräfte 1900, 7900, 6500 und 7500 im Vergleiche mit den berechneten 2573, 9049, 7263 und 8169 zeigen.

1) Wobei s die Stromstärke, m den erzeugten Magnetismus, d den Stabdurchmesser und a und b Constante bedeuten.

Bemerkenswerth ist auch das auffallend geringe Tragkraftsmaximum von nicht ganz 12 Kilogrammen, welches Müller aus seinen Versuchen mit dem vermöge der angegebenen Dimensionen mindestens 300 Grammen schweren Magnet Nr. I gefolgert hat, im Vergleiche mit der bei meinem nur 116 Grammen schweren Magnet thatsächlich erreichten Tragkraft von fast 16 Kilogrammen. Die viel geringere Leistung eines ungefähr dreimal schwereren Hufeisens dürfte wohl in einer nicht entsprechenden Beschaffenheit des Ankers[1]) ihren Grund gehabt haben.

Immerhin würde aber auch eine bessere Uebereinstimmung der berechneten und beobachteten Tragkräfte zu keiner Schlussfolgerung auf die Richtigkeit der Voraussetzung berechtigen, welche bei der besagten Umgestaltung der Müller'schen Formel zu Grunde gelegt worden sind, — denn es ist nicht schwer, mit Benutzung der Function arc. tg. unter sehr verschiedenen Modificationen zu Formeln zu gelangen, die sich durch entsprechende Wahl der Constanten den Beobachtungen ziemlich gut anpassen lassen.

Ein Beleg dafür ist die Thatsache, dass ich, bevor ich jene auf die Tragkraft angewendete Formel von Müller in dessen Bericht gelesen hatte, auf eine andere mit obigen Voraussetzungen nicht vereinbare Formel gekommen war, welche mit den Versuchen mindestens ebenso gut wenn nicht besser stimmt als jene. Diese Formel ist die einfachere:

$$T = b \operatorname{arctg} a . s$$

wobei wieder T die Tragkraft, s die Stromstärke nnd a und b Constante bedeuten.

Für das Tragkraftsmaximum = 18 meines Electromagneten muss, wenn arctg. in Graden gerechnet wird,

$$b = \frac{18}{90} = 0 \cdot 2$$

sein, während sich für a aus den Versuchen mit dem Anker C der Werth 0,0202 ergiebt. Mit diesen Constanten gibt die Formel nachstehende berechnete Tragkräfte im Vergleiche mit den beobachteten.

---

1) Wenngleich derselbe, wie Seite 527 des citirten Berichtes bemerkt ist, einem Logeman'schen nachgebildet war.



Stromstärke	Tragkraft	
	bestimmt	beobachtet
27,34	5,74	6,15
62,85	10,61	10,90
101,02	13,03	12,82
163,09	14,80	14,50
213,95	15,52	15,50

Die Curve der berechneten Tragkräfte für den Anker C ist in der beigefügten Zeichnung punctirt und schliesst sich jener der beobachteten Tragkräfte sehr genau an. Damit soll übrigens nicht gesagt sein, dass ich auf diese Uebereinstimmung grosses Gewicht lege oder daraus einen Vorzug meiner Formel vor der Müller'schen herleiten will.

Weder die eine noch die andere gibt theoretische Aufschlüsse an die Hand und beide haben vorläufig nur den Werth, die grosse Regelmässigkeit, mit welcher sich bei sorgfältig durchgeführten Versuchen die Tragkräfte einem Grenzwerthe nähern, besser anschaulich zu machen.

Eine ausgedehntere Brauchbarkeit würden solche Formeln erlangen, wenn die Abhängigkeit der Tragkraft von den Dimensionen des Magneten soweit erforscht wäre, dass eine der Constanten (nämlich b in obigen Formeln) für jeden Magnet sofort aus seinen Dimensionen berechnet werden könnte, — so wie z. B. in Folge meiner Nachweisungen über die Grenze der Magnetisirbarkeit dieselbe für jeden Magnet sofort aus seinem Gewichte bestimmt werden kann, wodurch die experimentelle Bestimmung des Coëfficienten β in der Formel $y = \beta\gamma \operatorname{arctg} \frac{x}{\alpha\gamma^{\frac{2}{3}}}$ entfallen ist.

Wie man übrigens in einzelnen Fällen mit Benutzung der Häcker'schen Erfahrungen über Stahlmagnete, wenn deren Sättigung bei vorgelegtem Anker ermittelt werden kann, auf das Tragkraftsmaximum eines gleich schweren Electromagneten zu schliessen vermag, habe ich in dem Berichte über die Sitzung der königl. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften vom 10. März 1869 bereits an einem Beispiele dargethan.

Prag, 23. April 1870.

Electromagnetische Untersuchungen mit besonderer Rücksicht auf die Anwendbarkeit der Müller'schen Formel.

Zweite Abhandlung,

enthaltend die Versuche mit discontinuirlichen Eisenmassen, nebst einem Anhange über die Grenzen der Giltigkeit des Lenz-Jacobi'schen Gesetzes.

Von

Prof. Dr. A. v. Waltenhofen in Prag.

(Hiezu Tafel XXI Fig. 2 u. 3.)

(Vom Herrn Verfasser gütigst mitgetheilt.)

In meiner vor 5 Jahren erschienenen ersten Abhandlung über die Müller'sche Formel habe ich das Verhalten von massiven cylindrischen Stäben besprochen.

Dabei hatte sich die besagte Formel in der Weise bewährt, dass die mit Beibehaltung derselben numerischen Werthe für die beiden Constanten berechneten Magnetismen mit den beobachteten von den dünnsten Stäben angefangen bis zu einer Stabdicke von etwa $^2/_3$ des inneren Durchmessers der Spirale eine befriedigende Uebereinstimmung darboten.

Die auch bei dünnen Stäben vorkommenden Abweichungen sind — wie ein Blick auf die graphische Darstellung der Versuche zeigt — am grössten bei Magnetisirungen, die unter dem Betrage der halben Sättigung liegen, welcher Betrag — wie ich nachgewiesen habe — ungefähr die Grenze bezeichnet, bis zu der die Magnetismen nach dem Lenz-Jacobi'schen Gesetze proportional mit den Stromstärken wachsen, während nach der Müller'schen Formel diese Proportionalität lange nicht in solcher Ausdehnung, sondern nur für sehr kleine Stromstärken bestehen kann.

Ausserdem habe ich die schon von Lenz entdeckte und später auch von Anderen beobachtete Anomalie auch bei meinen Versuchen bestätigt gefunden, dass nämlich bei beginnender Magnetisirung die erregten Magnetismen sogar rascher wachsen, als die Stromstärken und erst später hinter denselben zurückbleiben, so dass die Intensitätscurve Anfangs convex gegen die Abscissenaxe sich erhebt, sodann nahezu geradlinig verläuft und erst bei einem Wendepuncte, welcher stets dem Puncte der halben Sättigung nahe liegt, in die concave Krümmung übergeht.

Dieses grösstentheils geradlinige Stück zwischen dem Anfangspuncte der Coordinaten und dem Wendepuncte — in meiner ersten Abhandlung die „Anomalie" genannt — charakterisirt den Unterschied zwischen der beobachteten und der nach der Müller'schen Formel berechneten Intensitätscurve.

Abgesehen von den durch diese Anomalie bei Sättigungsgraden unter 50% bedingten Abweichungen gilt also die Müller'sche Formel nach meinen Untersuchungen mit massiven Cylindern in gleicher Weise für Stäbe von sehr verschiedenen Durchmessern, von den dünnsten angefangen bis zu Stäben, deren Dicke ungefähr ²/₃ von der Weite der Spirale beträgt.

Anders verhält sich die Sache bei nicht massiven Electromagneten.

Ich habe in dieser Hinsicht vornehmlich Bündel von cylindrischen oder prismatischen Stäben und Röhren untersucht und theile die Resultate im Folgenden mit.

Dabei muss ich jedoch Einiges über die bisherigen Arbeiten in dieser Richtung vorausschicken.

Das electromagnetische Verhalten von Bündeln und Röhren ist allerdings schon mehrfach Gegenstand von Untersuchungen gewesen, doch hat man dabei nur die Vergleichung mit massiven Stäben von gleichem Querschnitte im Auge gehabt und ist mitunter auch zu offenbar unrichtigen Resultaten gelangt.

Was die Vergleichung von Drahtbündeln mit massiven Stäben von gleichem Querschnitte betrifft, sind Muncke durch Tragkraftsbestimmungen, Joule durch Versuche mit electromagnetischen Maschinen und Dub durch Messung der Kräfte, mit welchen die verglichenen Eisenkerne in eine Spirale hineingezogen wurden, übereinstimmend zu dem Resultate gelangt, dass die Wirkung von Drahtbündeln jener von massiven Eisenkernen von gleichen Dimensionen

nachsteht[1]), wie es mit Rücksicht auf die grössere Masse der letzteren auch nach dem Müller'schen Gesetze nicht anders zu erwarten wäre.

Wenn Joule ein anderes Mal mit einem Magnetkern aus viereckigen Stäbchen in einer electromagnetischen Maschine eine grössere Wirkung erhielt als mit einem massiven, so findet hierauf die Bemerkung Dub's[2]) Anwendung, dass man bei der Wirkung eines Eisenkernes den Fall einer andauernden Magnetisirung von dem alternirender Magnetisirungen, wie sie bei electromagnetischen Maschinen vorkommen, wohl unterscheiden muss, da im letzteren Falle besondere Umstände in Betracht kommen, welche die Anwendung discontinuirlicher Eisenkerne vortheilhaft erscheinen lassen.

Eine dritte Versuchsreihe von Joule[3]) mit eben solchen Stabbündeln und massiven Stäben von gleichen Querschnitten, wobei er die anziehenden Wirkungen verglich und fand, dass jene bei grösseren Stromstärken schwächer wirken, während bei kleineren häufig das Gegentheil stattfand, deutet — wie aus meinen Versuchen hervorgehen wird — offenbar darauf hin, dass die prismatischen Stäbchen nicht ohne Zwischenräume zu prismatischen Bündeln zusammengefügt und daher von geringerer Masse waren, als die massiven Stäbe von gleichem Querschnitte.

Bezüglich der magnetischen Wirkung eiserner Röhren mögen zunächst die Versuche von Pfaff erwähnt werden. Er fand bei der Vergleichung der Tragkräfte hohler und massiver Electromagnete von gleicher Form die Tragkraft des hohlen Electromagneten bedeutend kleiner[4]).

Joule fand bei Anwendung zweier Kerne von ziemlich gleichen Dimensionen, deren einer hohl, der andere massiv war, die Tragkraft ebenfalls beim massiven Kern grösser als beim hohlen, bei diesem dagegen eine grössere Anziehung. Dieses letztere Resultat ist ebensowenig mit dem ersteren vereinbar als mit den Folgerungen, welche

---

1) Siehe Dub, „Electromagnetismus" S. 233 u. f.

2) Siehe Dub, „Electromagnetismus" S. 234 u. 235.

3) Sturgeon Annales, vol. IV.

4) Die dabei angenommene beiläufige Proportionalität der Tragkräfte mit den Massen der verglichenen Electromagnete kann ebenso wenig als eine allgemeine Regel gelten, wie die bei dem oben erwähnten Versuche von Dub beobachtete ungefähre Proportionalität der Spiralanziehung mit den Massen der dabei angewendeten verglichenen Eisenkerne (Bündel mit Stab) von gleichem Querschnitte, denn in beiden Fällen ist die Wirkung auch vom Sättigungsgrade abhängig.

sich aus späteren Untersuchungen über den freien Magnetismus ergeben haben [1]). Dasselbe gilt von einem anderen Versuche Joule's, bei welchem er eine grössere Fernwirkung eines hohlen Cylinders im Vergleiche mit einem massiven beobachtet haben will [2]).

Aus den Versuchen von Feilitzsch folgt vielmehr, dass die Wirkung eines hohlen Cylinders jene eines massiven von gleichem Durchmesser niemals übertreffen kann, und dass zwar einem massiven Cylinder bei einem gewissen magnetisirendeu Strome ein hohler von gleichem Durchmesser und entsprechender Wanddicke äquivalent sein kann, dass jedoch die Ueberlegenheit des letzteren bei grösseren magnetisirenden Stromstärken immer hervortreten muss, welche Folgerungen, wie sich später zeigen wird, auch mit meinen Versuchen in Uebereinstimmung sind.

Es ist sonach wohl ausser Zweifel gestellt, dass Drahtbündel und Röhren den massiven Stäben von gleichem Querschnitte im Allgemeinen [3]) nachstehen, und zwar in steigendem Verhältnisse bei wachsender Stromstärke, aber die bisherigen Untersuchungen geben weder einen Aufschluss über die Sättigungsgrade, welche Bündel, Röhren und Stäbe von gleichem Querschnitte bei gleichen Stromstärken erlangen, noch über die wichtige Frage, wie sich Bündel und Röhren im Vergleiche mit massiven Stäben von gleichem Gewichte verhalten.

Diese Fragen, insbesondere die letztere, habe ich speciell zum Gegenstande einer eingehenden Untersuchung gemacht, zumal dieselbe auch mit der weiteren Frage im innigsten Zusammenhange steht: ob und in wie weit die Müller'sche Formel auch auf nicht massive Eisenstäbe ausgedehnt werden kann.

Meine Versuche erstreckten sich 1. auf Bündel aus cylindrischen Drähten; 2. auf Bündel aus prismatischen Stäben, welche theils ohne Zwischenräume dicht beisammen lagen, theils durch indifferente Zwischenlagen getrennt waren; 3. auf eiserne Röhren und 4. auf Aggregate von Eisenfeilspähnen.

Zur Ausführung dieser Versuche diente derselbe Apparat, den ich für meine früheren electromagnetischen Untersuchungen construirt

1) Dub, „Electromagneten", S. 235.

2) Sturgeon Annals, vol. IV. p. 60.

3) Dass in einzelnen Fällen unter gewissen Bedingungen eine Aequivalenz stattfinden kann, wird im Folgenden gezeigt werden.



hatte und dessen Beschreibung in meiner im Jahre 1863 erschienenen Abhandlung „Ueber das electromagnetische Verhalten des Stahles" (Sitzungsberichte, Band 48) enthalten ist.

Alle untersuchten Eisenkerne hatten auch bei diesen Versuchen, wie bei den früheren, die gleiche Länge von 103 Millimetern. Auch beziehen sich die angeführten Zahlen auf die bereits in meinen früheren Abhandlungen über das Verhalten des Stahles über die Müller'schen Formel u. s. w. angegebenen Einheiten, sowie auch bei der Berechnung der den magnetisirenden Strömen x nach Maassgabe der Stabgewichte γ entsprechenden Magnetismen y für die Coëfficienten α und β der Müller'schen Formel

$$y = \beta\gamma \operatorname{arctg} \frac{x}{\alpha\gamma^{\frac{2}{3}}}$$

dieselben numerischen Werthe wie in den früheren Abhandlungen beibehalten worden sind[1]).

I. Versuche mit Bündeln aus cylindrischen Drähten.

Es waren zweierlei Drähte, nämlich von etwas mehr als 1 Millimeter und von etwas über 2 Millimeter Durchmesser in Verwendung. Die daraus gebildeten Bündel[2]) sind im Folgenden durch zwei eingeklammerte Zahlen in der Weise bezeichnet, dass die erstere die Anzahl der Stäbchen, und die letztere deren Durchmesser andeutet. So bezeichnet z. B. das Symbol (113, 1) ein Bündel von 113 Stäbchen des 1 Millimeter dicken Drahtes, dagegen (28, 2) ein Bündel von 28 Stäbchen des 2 Millimeter dicken Drahtes. — Die Stäbchen der ersteren Art wogen durchschnittlich 0,773, die der letzteren 3,073 Grammen, woraus die Durchmesser 1,25 und 2,21 berechnet wurden.

Die Versuche führten zu folgenden Resultaten, wobei ich noch bemerken will, dass die den vorgenommenen Magnetisirungen ent-

1) Ich habe seither nachgewiesen, dass der Coëfficient β der Müller'schen Formel für beliebige Magnetisirungsspiralen constant und etwas grösser ist, als der hier angenommene. Die Einführung dieses verbesserten Werthes hätte aber die Vergleichungen mit früheren Versuchsresultaten erschwert und hätte auch bei dickeren Eisenkernen grössere Abweichungen von den beobachteten Werthen bedingt, aus Gründen, die ich in meiner Abhandlung „Ueber die Grenzen der Magnetisirbarkeit" (Sitzungsberichte, Bd. 59, Repertorium V, p. 351) ausführlich erörtert habe.

2) Dieselben waren, um die Drähte hinreichend fest zusammen zu halten, mit aufgeschobenen Kautschukringen (Abschnitten von Röhren) versehen.

sprechenden Sättigungsgrade in jedem Falle leicht beurtheilt werden können, wenn man erwägt, dass die Grenze der Magnetisirbarkeit des Eisens einem Maximalmomente von in runder Zahl 2 Millionen absoluter Einheiten per Gramm entspricht, und dass sonach der in Millionen absoluter Einheiten gemessene Beitrag der halben Sättigung stets nahezu durch dieselbe Zahl ausgedrückt wird, wie das beigefügte Gewicht des betreffenden Eisenkernes in Grammen.

I. Schwache Drahtbündel, d. h. solche von wenigen (dünnen) Drähten, zeigen bei allen Stromstärken keine erhebliche Abweichung von der Müller'schen Formel. Z. B.

	$x =$	2	4	6	8	10	15	Bündel	Gewicht
y	berechnet	1·094	1·653	1·928	2·083	2·181	2·316	(2, 1)	1·55
	beobachtet	1·052	1·537	1·821	1·903	2·022	2·178		
y	berechnet	1·293	2·118	2·591	2·876	3·064	3·329	(3, 1)	2·32
	beobachtet	1·144	2·196	2·563	2·884	3·022	3·159		
y	berechnet	1·432	2·468	3·128	3·555	3·843	4·264	(4, 1)	3·09
	beobachtet	1·281	2·471	3·270	3·756	3·940	4·217		
y	berechnet	1·631	2·970	3·953	4·654	5·160	5·943	(6, 1)	4·64
	beobachtet	1·354	2·976	4·125	5·000	5·369	5·971		
y	berechnet	1·708	3·162	4·279	5·107	5·721	6·696	(7, 1)	5·41
	beobachtet	1·372	3·059	4·585	5·600	6·193	6·899		

Die Wirkung schwacher Drahtbündel zeigt also im Vergleiche mit der Wirkung gleich schwerer massiver Stäbchen von gleicher Länge keine auffallenden Unterschiede. Dies findet man auch durch directe Vergleichung der bei den Bündeln (3, 1) und (7, 1) beobachteten Magnetismen mit jenen der nahezu gleich schweren Stäbe Nr. 2 und Nr. 4 in der ersten Abhandlung.

II. Stärkere Drahtbündel zeigen bei mittleren Sättigungsgraden eine bedeutend raschere Zunahme des Magnetismus als gleich schwere

massive Stäbe von gleicher Länge, somit auch viel grössere Abweichungen von der Müller'schen Formel, während bei geringen Sättigungsgraden keine erheblichen Abweichungen dieser Art hervortreten.

Dies zeigt sich auch bei den nachstehenden Versuchen mit den Bündeln (14,1), (16, 1), (18, 1), (20, 1), (22, 1) und (24, 1), welche so gewählt sind, dass der bei der Stromstärke 15 erreichte (durch stärkere Ziffern hervorgehobene) Magnetismus der halben Sättigung nahe liegt. Er überschreitet überall bedeutend den berechneten Werth, während beim Bündel (90, 1), welches etwa nur 1/3 der Sättigung erreicht, eine genaue Uebereinstimmung mit der Müller'schen Formel stattfindet.

	$x =$	2	4	6	8	10	15	Bündel	Gewicht
y	berechnet	2·070	4·014	5·751	7·245	8·505	10·82	(14, 1)	10·826
	beobachtet	1·738	3·885	5·860	7·888	**9·713**	**12·63**		
y	berechnet	2·144	4·182	6·031	7·662	9·066	11·73	(16, 1)	12·374
	beobachtet	1·766	4·014	6·017	8·094	9·969	**14·16**		
y	berechnet	2·212	4·328	6.283	8·028	9·562	12·550	(18, 1)	13.920
	beobachtet	1·830	4.106	6·138	8·272	10·186	**14·948**		
y	berechnet	2·273	4·468	6·505	8·357	10·008	13·290	(20, 1)	15·467
	beobachtet	2·013	4·217	6·453	8·723	10·900	**15·603**		
y	berechnet	2·329	4·586	6·705	8·654	10·410	13·970	(22, 1)	17·014
	beobachtet	1·995	4·290	6·620	8·817	11·091	**16·122**		
y	berechnet	2·382	4·698	6·889	8·921	10·770	14·590	(24, 1)	18·560
	beobachtet	2·059	4·345	6·676	8·958	11·215	**16·423**		
y	berechnet	3·323	6.616	9·931	13·190	16·380	24·11	(90, 1)	69·600
	beobachtet	3·095	6·248	9·713	12·850	16·340	24·21		

In der folgenden Zusammenstellung sind Drahtbündel mit nahezu gleich schweren massiven Stäben von gleicher Länge verglichen, nämlich das Bündel (26, 1) mit einem massiven prismatischen Eisenstabe P von quadratischem Querschnitte, ferner das Bündel (80, 1) zwar nicht unmittelbar mit einem gleich schweren massiven Stabe, aber mit einem aus 12 ohne Zwischenräume dicht beisammen liegenden Prismen p von quadratischem Querschnitte gebildeten Eisenkerne (bezeichnet mit 12 p), der — wie später gezeigt werden soll, einem massiven Stabe von gleichem Gewichte genau äquivalent ist, — und endlich das Bündel (104, 1) ebenfalls mit einem solchen zusammengesetzten Prisma (bezeichnet mit 16 p), welches aus 16 dicht beisammen liegenden gleichen Stäbchen p der beschriebenen Art gebildet war und auch direct mit einem gleich schweren massiven prismatischen Stabe R von quadratischem Querschnitte.

	$x =$	2	4	6	8	10	15	Eisenkern.	Gewicht
y	berechnet	2·430	4·804	7·062	9·169	11·110	15·170	(26, 1)	20·107
	beobachtet	2·132	4·474	6·927	9·259	11·638	**17·027**		
		2·059	4·235	6·527	8·676	10·758	15·643	$P = 4p$	20·180
y	berechnet	3·242	6·450	9·635	12·770	15·870	23·250	(80, 1)	61·867
	beobachtet	2·948	6·064	9·381	12·530	15·720	23·390		
		3·159	6·203	9·335	12·485	15·623	23·112	12p	60·860
y	berechnet	3·464	6·913	10·332	13·736	17·079	25·217	(104, 1)	81·105
	beobachtet	3·297	6·667	10·186	13·602	17·128	25·558		
		3·297	6·667	10·167	13·505	17·017	25·132	16p	
		3·435	6·853	10·281	13·651	17·128	25·278	$R = 16p$	

Man sieht beim Drahtbündel (26, 1), welches bei der Stromstärke 15 der halben Sättigung nahe kommt, eine bedeutende Ueberlegenheit über den gleich schweren massiven Stab, während dies bei den Bündeln (80, 1) und (104, 1) welche nicht viel über $^1/_3$ der Sättigung erreicht haben, nicht der Fall ist.

III. Die Ueberlegenheit stärkerer Drahtbündel bei mittleren Sättigungsgraden über gleich schwere und gleich lange massive Stäbe

bei gleichen Stromstärken bedingt auch die Möglichkeit, dass solche Drahtbündel bei gewissen Stromstärken sogar massiven Stäben von gleichem Querschnitte äquivalent sein können, indem die Ueberlegenheit dieser letzteren, welche bei höheren Sättigungsgraden natürlich jedenfalls stattfinden muss, noch nicht hervortritt.

Die nachstehende Zusammenstellung vergleicht die Drahtbündel (12, 1), (24, 1) und (104, 1), welche Hohlcylinder von ungefähr 4, 6 und 12 Millimeter Durchmesser[1]) ausfüllen würden, mit massiven cylindrischen Eisenstäben von sehr nahe gleicher Dicke. Es sind die die Eisenstäbe Nr. 5, Nr. 6 und Nr. 7 der ersten Abhandlung und daher in der folgenden Zusammenstellung auch so bezeichnet.

Es zeigt sich, dass wohl die schwächeren Bündel (12, 1) und (24, 1) den Stäben Nr. 5 und Nr. 6 nachstehen, nicht aber (104, 1) dem Stabe Nr. 7, sondern im Gegentheile die Wirkung des massiven Stabes jene des Drahtbündels noch nicht einmal erreicht hat.

x	2	4	6	8	10	15	Eisenkern	Durchmesser und Gewicht
y	1·601	3·618	5·647	7·524	9·146	11·292	(12, 1)	$d = 4$ $\gamma = 9{\cdot}28$
	1·821	3·618	5·647	7·645	9·335	12·089	Nr. 5	$d = 4$ $\gamma = 10{\cdot}10$
y	2·059	4·345	6·676	8·958	11·215	16·423	(24, 1)	$d = 6$ $\gamma = 18{\cdot}56$
	2·269	4·570	6·955	9·240	11·637	17·233	Nr. 6	$d = 6$ $\gamma = 22{\cdot}19$
y	3·297	6·667	10·186	13·602	17·128	25·558	(104, 1)	$d = 12$ $\gamma = 81{\cdot}11$
	3·270	6·639	10·025	13.309	16·675	24·690	Nr. 7	$d = 12$ $\gamma = 87{\cdot}97$

2. Versuche mit prismatischen Stäben und Bündeln prismatischer Stäbe.

IV. Bei prismatischen Eisenstäben zeigt sich, im Gegensatze zu Stahlstäben[2]), keine Verschiedenheit des Verhaltens im Vergleiche mit

1) Die Rechnung gibt für die Durchmesser D der umschriebenen Cylinder mit Hilfe der leicht abzuleitenden Formel $D = \frac{2d}{\sqrt{\pi}} \sqrt{n}$ (wobei d die Drahtdicke und n die Zahl der Drähte des Bündels bedeutet) beziehungsweise die Werthe 4,3, 6,1 und 12,7.

2) Ich habe nämlich nachgewiesen („Ueber das electromagnetische Verhalten des Stahles" Sitzungsberichte, Bd. 48), dass prismatische Stahlstäbe im Vergleiche



runden Stäben. Sie befolgen so gut wie diese das Müller'sche Gesetz.

Dies zeigt sich aus den nachstehenden Versuchen mit 4 zum Theile bereits erwähnten prismatischen Stäben von quadratischem Querschnitte bezeichnet mit p, P, Q und R, deren Gewichte sich wie 1, 4, 9 und 16 zu einander verhalten. Vergleicht man nämlich die beobachteten Magnetismen mit den nach der Müller'schen Formel berechneten, so findet man durchwegs eine befriedigende Uebereinstimmung.

In die Tabelle sind auch noch die Versuche aufgenommen, welche mit Bündeln von quadratischem Querschnitte aus je 4, 9 und 16 Stäbchen wie p, welche ohne Zwischenräume dicht beisammen lagen und mittelst aufgeschobener messingener Hülsen zusammengehalten wurden, ausgeführt worden sind[1]). Man sieht hieraus zugleich das weitere Resultat:

V. Bündel aus prismatischen Stäben, welche ohne Zwischenräume zusammengefügt sind, wirken wie massive Stäbe von gleicher Form, somit auch überhaupt wie gleich schwere massive Stäbe von gleicher Länge.

	$x =$	2	4	6	8	10	15	Eisenkern	Gewicht
y	berechnet	1·681	3·092	4·161	4·942	5·517	6·417	p	5·12
	beobachtet	1·400	2·994	4·281	5·268	5·878	6·546		
y	berechnet	2·448	4·834	7·109	9·238	11·203	15·335	$P = 4p$	20·57
	beobachtet	2·288	4·493	6·806	8·864	10·929	15·872		
		2·288	4·511	6·918	9·061	11·378	16·524	$4p$	20·52
y	berechnet	2.991	5·965	8·897	11·750	14·530	21·053	$Q = 9p$	45·565
	beobachtet	2·655	5·369	8·019	10·053	13·651	20·168		
		2·792	5·739	8·516	11·302	14·209	21·065	$9p$	45·560

mit gleich schweren und gleich langen cylindrischen von derselben Stahlsorte und Härte bei gleichen magnetisirenden Kräften bedeutend kleinere Magnetismen annehmen.

1) Die Querschnitte dieser Bündel sind in der beigegebenen Tafel XXI. Fig. 2, Nr. 4, 6 und 11 dargestellt, so wie Nr. 14 das in der letzten Zeile der folgenden Tabelle vorkommende Bündel $4P$, aus 4 Stäben wie P bestehend.



	$x=$	2	4	6	8	10	15	Eisenkern	Gewicht
y	berechnet	3·464	6·913	10·332	13·736	17·079	25·217	$R = 16p$	81·105
	beobachtet	3·435	6·853	10·281	13·651	17·128	25·278		
		3·297	6·667	10·167	13·505	17·017	25·132	$16p$	81·105
		3·664	6·899	10·234	13·602	16·826	25·110	$4P = 16p$	81·375

VI. Bündel aus getrennten Stäben, das heisst aus Stäben, welche sich nicht berühren, sondern z. B. durch indifferente Zwischenlagen in gewissen Entfernungen von einander gehalten werden, zeigen schon bei geringen und noch mehr bei mittleren Sättigungsgraden rascher zunehmende Magnetismen, als Bündel aus denselben aber dicht beisammen liegenden Stäben.

Dies ist ersichtlich aus der nachstehenden Vergleichung der Wirkungen von 4 prismatischen Stäbchen p, je nachdem dieselben, wie Nr. 9 andeutet, durch 5 messingene Stäbchen getrennt, oder, wie Nr. 4 zeigt, dicht beisammen liegend in Anwendung kamen, so wie bei 2 nach Nr. 3 getrennten oder nach Nr. 2 dicht beisammen liegenden Stäbchen. In die Tabelle sind auch noch Versuche aufgenommen, die mit einem nach dem Schema Nr. 8 zusammengesetzten Bündel von 5 Stäbchen gemacht wurden, wobei sich, im Einklange mit ähnlichen Beobachtungen von Feilitzsch, keine erheblich grössere Wirkung als bei Nr. 9 herausgestellt hat, was eben erst bei höheren Sättigungsgraden stattfinden würde.

Eine solche schon bei schwachen Magnetisirungen hervortretende Ueberlegenheit zeigen auch röhrenförmig angeordnete Bündel — wie z. B. Nr. 7 und Nr. 12, aus beziehungsweise 8 und 12 Stäbchen p bestehend — im Vergleiche mit Bündeln aus denselben aber dicht beisammen liegenden Stäben, welche, nach dem Vorhergehenden, massiven Stäben von gleichem Gewichte äquivalent sind. Auch hier wirkt das röhrenförmige Bündel von 8 Stäbchen (Nr. 7) fast wie das massive aus 9 Stäbchen (Nr. 6), eine Erscheinung, welche mit den Beobachtungen von Feilitzsch mit ineinandergeschobenen Röhren übereinstimmt

x	2	4	6	8	10	15	Eisenkern	Gewicht
y	2·288	4·511	6·918	9·061	11·378	16·524	4p vereinigt	20.52
	2·710	5·342	8·001	10·681	13·427	19·209	4p getrennt	
	2·719	5·240	8·138	10·805	13·524	19·646	5p (Fig. 8)	25·60
	1·848	3·904	5·851	7·701	9·335	12·002	2p vereinigt	10·30
	2·087	4·125	6·156	8·113	9·921	12·437	2p getrennt	
	3·205	6·369	9·827	13·241	16·775	24·882	12p hohl (Fig. 12)	60·86
	3·159	6·203	9·335	12·485	15·623	23·112	12p massiv (Fig. 13)	
	2·930	5·489	8·394	11·158	14·041	20·642	8p hohl (Fig. 7)	40·55
	2·792	5·739	8·516	11·302	14·209	21·065	9p (Fig. 6)	45·56

Die, wie man sieht, schon bei schwachen Magnetisirungen hervortretende Ueberlegenheit nicht massiver Bündel, muss natürlich bei stärkeren Magnetisirungen, wo sich das Verhältniss der magnetischen Intensitäten immer mehr dem Verhältniss der Gewichte nähert, aufhören.

3. Versuche mit Röhren.

Um die Magnetisirungen über die Grenze der Proportionalität mit der Stromstärke hinaus verfolgen zu können, habe ich nur mit dünnwandigen Röhren experimentirt. Dieselben waren aus cylindrisch gebogenen, möglichst weichen Eisenblechen in der Art hergestellt, dass die der Axe parallelen Ränder des zusammengerollten Rechteckes sich nicht übereinander schoben, sondern in der Mantelfläche des Cylinders genau aneinander passend sich berührten. Es wurden 5 Röhren, welche im Folgenden vom engsten aufsteigend, mit I bis V bezeichnet sind, untersucht. Die Länge betrug bei allen 103 Millimeter, die äusseren Durchmesser beziehungsweise 6, 10, 12, 20·5 und 28 Millimeter, die Gewichte 3·37, 3·30, 7·30, 13·45 und 16·84 Grammen und die aus diesen Daten berechneten Blechdicken 0·22, 0·13, 0·24, 0·26 und 0·24 Millimeter.

In der folgenden Zusammenstellung enthalten die mit der Aufschrift „Stab“ bezeichneten Rubriken die nach der Müller'schen Formel berechneten magnetischen Intensitäten, welche ein mit dem untersuchten Rohre gleich schwerer massiver Stab von gleicher Länge

bei denselben Stromstärken geäussert haben würde. Man entnimmt aus dieser Vergleichung der mitgetheilten Versuchsresultate folgendes Ergebniss:

VII. Weite Röhren aus dünnem Eisenblech zeigen eine schon bei geringen magnetisirenden Kräften auffallende, bei mittleren Sättigungsgraden am meisten hervortretende, bei stärkeren Magnetisirungen aber rasch wieder abnehmende Ueberlegenheit über gleich schwere massive Stäbe von gleicher Länge bei Anwendung gleicher Stromstärken, während engere Röhren vielmehr hinter den ihren Gewichten entsprechenden Magnetisirungen zurückbleiben, ohne jedoch dabei grossen Abweichungen von der Müller'schen Formel zu unterliegen.

Nr.	Durchmesser und Gewicht des Rohres	Eisenkern	2	4	6	8	10	15	x
I	$d=6$	Stab	1.474	2·576	3·301	3·777	4·105	4·587	y
	$\gamma=3·37$	Rohr	0·832	1·766	2·554	3·086	3·481	4·125	
II	$d=10$	Stab	1·464	2·548	3·256	3·720	4·037	4·503	y
	$\gamma=3·30$	Rohr	1·235	2·426	3·022	3·435	3·756	4·217	
III	$d=12$	Stab	1·856	3·529	4·915	6·015	6·882	8·339	y
	$\gamma=7·80$	Rohr	2·288	4·631	6·434	7·739	8·488	9·666	
IV	$d=20·5$	Stab	2·190	4·284	6·208	7·922	9·414	12·300	y
	$\gamma=13·45$	Rohr	2·563	5·693	8·676	11·139	13·065	15·822	
V	$d=28$	Stab	2·324	4·569	6·683	8·621	10·360	13·890	y
	$\gamma=16·84$	Rohr	4·539	9·287	13.388	16·624	19·073	22·244	

Das erste Verhalten, wie es soeben für weite Röhren beschrieben wurde, zeigt sich hier an den Röhren III, IV und V, das letztere an den Röhren I und II. Jene überschreiten mit ihrem Durchmesser 1/3 von der Weite der Spirale, diese nicht. — Besonders bemerkenswerth, nämlich auffallend gross sind die am weitesten Rohre beobachteten Magnetismen. Sie entsprechen bei der halben Sättigung einem

mit der gleichen Stromstärke magnetisirten Stabe von mehr als dreizehnfachem Gewichte[1]). Diese halbe Sättigung erreicht das Rohr schon bei der Stromstärke 8, während der gleichschwere massive Stab seine halbe Sättigung erst bei einer mehr als doppelten magnetisirenden Kraft (etwa der Stromstärke 18 entsprechend) erreichen würde. Man bemerkt aber auch, dass diese Ueberlegenheit über den massiven Stab bei stärkeren Magnetisirungen rasch abnimmt, und bei der Stromstärke 15 schon viel geringer ist als bei 10 und hier schon merklich geringer als bei 8, wo ungefähr die halbe Sättigung erreicht war.

4. Versuche mit Aggregaten von Feilspähnen.

Um über die Magnetisirbarkeit einer nach allen Richtungen discontinuirlichen Eisenmasse Beobachtungen anzustellen, was mir im Hinblicke auf die hypothetischen Vorstellungen vom Vorgange der Magnetisirung und die dabei in Betracht kommende Wechselwirkung der Molecüle von Interesse zu sein schien, wurden Feilspähne von möglichst weichem Eisen in der Art der Einwirkung eines magnetisirenden Stromes unterworfen, dass mit solchen Feilspähnen möglichst gleichförmig dicht gefüllte beiderseits verkorkte Glasröhren in die Magnetisirungsspirale eingeführt und wie die anderen Eisenkerne behandelt wurden. Die auf diese Art aus den Feilspähnen gebildeten Cylinder hatten die gleiche Länge von 103 Millimeter und bei den nachstehend beschriebenen Versuchen Gewichte von 22·80 und 27·91 Grammen.

Nachstehende Tabelle zeigt die dabei beobachteten Magnetismen, wobei ich noch bemerken will, dass ich nur bezüglich der beim ersten Versuche verwendeten Feilspähne dessen sicher bin, dass sie von weichem Eisen waren. Uebrigens zeigen beide Versuchsreihen im Wesentlichen dasselbe, nämlich das im Folgenden ausgesprochene merkwürdige Resultat:

VIII. **Aggregate von Eisenfeilspähnen in die Form eines Cylinders gebracht und der Einwirkung eines magnetisirenden Stromes ausgesetzt, zeigen hinsichtlich der temporären Magnetisirung ein ähnliches Verhalten wie sehr harte Stahlstäbe; doch gibt sich dabei eine noch geringere Magnetisirbarkeit zu erkennen, sowohl durch eine langsamere**

---

1) Nämlich vom Gewichte 224·18 Gr., welches das 13·31fache von dem Gewichte dieses Rohres ist.



Zunahme der magnetischen Momente als auch durch einen viel kleineren Betrag ihrer absoluten Werthe, während anderseits der magnetische Rückstand ungefähr dem bei dünnen Eisendrähten vorkommenden entspricht.

Der nach Unterbrechung des Stromes beobachtete magnetische Rückstand ist in der mit 0 überschriebenen Rubrik angeführt.

x	2	4	6	8	10	15	0	Gewicht
y	0·229	0·549	0·823	1·144	1·418	2·196	0·320	22·80
	0·201	0·489	0·713	1·098	1·446	2·288	0·320	27·91

Die erste dieser beiden Versuchsreihen, bei welchen zuverlässig Feilspäne von weichem Eisen verwendet worden sind, ist durch die Curve I in der beigefügten Zeichnung Fig. 5 Taf. XXI. graphisch dargestellt. — Die Quotienten $\frac{y}{x}$ wachsen von $x = 2$ bis $x = 15$ von 0·114 bis 0·146 und bedingen daher innerhalb dieses Intervalles eine sehr geringe Convexität gegen die Abscissenaxe, eine viel geringere als der für Stahlstäbe geltenden Gleichung[1]) $y = kx^{\frac{4}{3}}$ entsprechen würde und an der Curve II ersichtlich ist, welche sich auf einen nahezu gleich schweren (22·42) Stab aus glashartem Wolframstahl bezieht[2]) und zugleich die durch gleiche Stromstärken hervorgebrachte viel stärkere Magnetisirung des letzteren ersichtlich macht, während das nahezu geradlinige Curvenstück III die durch dieselben Stromstärken erzeugten noch weit grösseren Magnetismen eines ebenfalls nahezu gleich schweren (22·49) weichen Eisenstabes[3]) darstellt. Die Curve IV endlich gehört einem Eisenstäbchen[4]) von ungefähr 30mal kleinerem Gewichte (0·773) an, welches nahe bis zur Sättigung magnetisirt worden ist, während die Eisenfeilspähne bei derselben Stromstärke noch lange nicht $1/10$

---

1) Nämlich für dünne Stahlstäbe unter $\frac{1}{4}$ der Sättigung, wobei k der Potenz $\frac{3}{2}$ der Stabdurchmesser proportional ist. Siehe meine Abhandlung im 48. Bande der Wiener Sitzungsberichte.

2) Nr. 2 in der eben citirten Abhandlung über das electromagnetische Verhalten des Stahles.

3) Nr. 6 in meiner ersten Abhandlung über die Müller'sche Formel (Wiener Sitzungsberichte, Bd. 52). Daselbst soll es übrigens Seite 101, vorletzte Zeile statt Nr. 8 heissen Nr. 6, wie aus dem Verzeichnisse Seite 99 sofort ersichtlich ist.

4) Nr. 1 in derselben Abhandlung.

ihrer magnetischen Sättigung erreicht haben. Dasselbe magnetische Moment (2·196) hatte ein glashartes Stäbchen aus Wolframstahl[1]) von 6·05 Grammen Gewicht bei derselben Stromstärke (15) erlangt, jedoch nach erfolgter Stromunterbrechung einen viel grössereren magnetischen Rückstand (1·006) als jener Cylinder aus Eisenfeilspähnen (0·320) behalten. Der letztere Betrag kommt, wie gesagt, den bei dünnen Eisendrähten beobachteten Residuen nahe, wobei ich jedoch die sehr merkwürdige Thatsache hervorheben muss, dass die Residuen z. B. bei den 1 Millimeter dicken Drähten nur zwischen den Grenzwerthen 0·20 und 0·46 sich bewegten, während bald nur einzelne Stäbchen, bald Bündel von beliebig vielen bis über 100 dem Versuche unterworfen wurden. Bei dickeren massiven Stäben aus gutem weichen Eisen war der magnetische Rückstand stets bedeutend kleiner, sehr oft = 0 oder auch negativ[2]).

Das beschriebene eigenthümliche Verhalten der Eisenfeilspähne hat wohl ohne Zweifel darin seinen Grund, dass durch die Zertheilung der Masse in kleine Partikel jene Wechselwirkung der magnetischen Molecüle, welche sonst die durch den magnetisirenden Strom unmittelbar bewirkte Drehung derselben noch verstärkt und somit ein rascheres Anwachsen des Magnetismus bedingt, grösstentheils aufgehoben ist. — Im Sinne der Weber'schen Theorie gesprochen, kommt dies einer Vergrösserung der Directionskraft der Molecüle gleich.

Anderseits kommt in Betracht, dass ein Aggregat von Feilspähnen eine viel grössere Oberfläche darbietet als eine massive Eisenmasse von gleicher Form und dass diese Oberfläche in Folge der mechanischen Bearbeitung, durch welche eben die Feilspähne gewonnen wurden, auch nicht so weich sein kann, wie ein anderer Eisenkern aus gut ausgeglühtem Schmiedeeisen. Aehnliches gilt auch von dünnen Drähten[3]) und mag die Thatsache erklären, dass in beiden Fällen

---

1) Nr. 20 in der citirten Abhandlung über den Stahl.

2) Siehe meine Abhandlung „Ueber eine anomale Magnetisirung des Eisens" im 48. Bande der Sitzungsberichte.

3) Insofern nämlich auch diese — im Vergleiche mit dickeren Stäben — eine im Verhältnisse zur Masse grössere Oberfläche haben, deren in Folge der mechanischen Bearbeitung grössere Coërcitivkraft das Auftreten grösserer Rückstände bedingt. Das nur bei dickeren Stäben beobachtete Vorkommen negativer Rückstände stimmt damit überein und lässt annehmen, dass diese Wirkung plötzlicher Stromunterbrechungen viel häufiger eintreten würde, wenn es möglich wäre, die Oberfläche eines Eisenstabes ebenso weich herzustellen wie die innere Masse desselben.



magnetische Rückstände auftreten, welche zwar viel kleiner sind als beim Stahl, aber doch viel grösser als bei dickeren Stäben aus weichem Eisen.

Mit den in dieser Arbeit mitgetheilten Versuchen glaube ich die Frage nach dem electromagnetischen Verhalten von discontinuirlichen Eisenmassen, insbesondere von Bündeln und Röhren, worüber bisher — ausser den aus einem anderen Gesichtspunkte durchgeführten Untersuchungen von Feilitzsch — keine eingehenden Untersuchungen, sondern nur vereinzelte Experimente mit theilweise widersprechenden Resultaten gemacht worden sind, soweit diese Frage von theoretischem Interesse oder practischer Wichtigkeit ist, erledigt zu haben.

Hinsichtlich der Müller'schen Formel geht daraus hervor, dass dieselbe auf discontinuirliche Eisenkerne nur eine sehr beschränkte Anwendung findet, indem sie — mit Ausnahme schwacher Drahtbündel und enger Röhren — nur bei sehr hohen Sättigungsgraden wieder zur Geltung kommen kann.

Am Schlusse meiner Untersuchungen über die Anwendbarkeit dieser Formel erübrigt mir noch einer Vergleichung zu erwähnen, die ich in einem speciellen Falle zwischen den nach dieser und nach der bekannten Weber'schen Formel berechneten Werthen und ihrer Uebereinstimmung mit den beobachteten durchgeführt habe.

Berechnet man aus der Versuchsreihe, welche W. Weber in den electrodynamischen Maassbestimmungen (Diamagnetismus, S. 570) mitgetheilt hat, die Constanten der Müller'schen Formel und nach dieser dann die den angewendeten magnetisirenden Kräften entsprechenden Magnetismen, so erhält man die Zahlen, welche die nachstehende Tabelle in der mit *M* bezeichneten Reihe enthält, während die nach der Weber'schen Formel berechneten in der mit *W* bezeichneten Rubrik aufgeführt sind. Die zur leichteren Uebersicht zwischen beiden stehende Zahlenreihe gibt die von W. Weber beobachteten Werthe[1]).

— Die grössten magnetischen Residuen habe ich übrigens bei den in dieser Abhandlung mitgetheilten Versuchen mit dünnwandigen eisernen Röhren beobachtet. Sie betrugen bei den Röhren II, III. IV und V, beziehungsweise 0·92, 0·69 2·38 und 1·37 (bei Nr. I fehlt die Beobachtung).

1) Diese sind aus der an citirter Stelle beigefügten graphischen Darstellung entnommen.



$x =$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
y	1·27	2·75	4·14	5·30	6·11	6·77	7·17	7·52	7·76	8·03	8·24	8·40	8·52	8·66	8·78	*W*
	1·74	3·28	4·47	5·32	6·01	6·54	6·97	7·35	7·67	7·95	8·20	8·41	8·60	8·77	8·90	beob.
	1·76	3·31	4·55	5·51	6·24	6·81	7·25	7·61	7·90	8·14	8·34	8·51	8·66	8·79	8·90	*M*

Die gute Uebereinstimmung mit beiden Formeln scheint mir aus dem Grunde bemerkenswerth, weil bei dem Versuche von Weber etwas andere Verhältnisse obwalteten, als die Müller'sche Formel eigentlich voraussetzt, insofern nämlich diese Formel aus Versuchen abgeleitet worden ist, bei welchen die magnetisirten Stäbe aus den Spiralen hervorragten, während bei dem besagten Weber'schen Versuche der magnetisirte Stab vielmehr von der Spirale überragt wurde. Die dessenungeachtet stattfindende Uebereinstimmung, von der soeben die Rede war, scheint anzudeuten, dass jenes Hervorragen des Stabes aus der Spirale für das Zutreffen der Müller'schen Formel keine wesentliche Bedingung ist.

Wie ich am Schlusse meiner im Jahre 1865 erschienenen Abhandlung der „electromagnetischen Untersuchungen" bereits bemerkt habe, sind auch die in der vorliegenden Abhandlung mitgetheilten Versuche schon damals durchgeführt, aber noch nicht zur Publication vorbereitet gewesen. Ich bedaure die durch mancherlei Umstände herbeigeführte Verzögerung dieser längst angekündigten Fortsetzung, glaube jedoch, dass deren Bearbeitung durch die mittlerweile erhaltenen genaueren Aufschlüsse über die Grenzen der Magnetisirbarkeit wesentlich gewonnen hat.

ANHANG.

Ueber die Grenzen der Giltigkeit des Lenz-Jacobi'schen Gesetzes.

Seit die allgemeine Giltigkeit dieses Gesetzes durch die Nachweisung der magnetischen Sättigung widerlegt worden ist, hat man die innerhalb gewisser Grenzen unstreitig stattfindende Proportionalität von Magnetismus und Stromstärke in der Weise mit den Ergebnissen der neueren Untersuchungen in Einklang zu bringen gesucht, dass man dieselbe als einen für kleine Stromstärken auch nach der

Müller'schen Formel sich ergebenden speciellen Fall betrachtete. — So sagt Müller („Bericht über die neuesten Fortschritte der Physik", Seite 501) über das von Lenz und Jacobi aufgestellte Gesetz: „Innerhalb dieser Grenzen" — nämlich „für dicke Stäbe und schwächere Ströme" — „fällt ihr Gesetz mit dem von mir aufgestellten zusammen".

Ich habe aber schon in meiner ersten Abhandlung über die Müller'sche Formel gezeigt, dass das Lenz-Jacobi'sche Gesetz eine viel ausgedehntere Geltung hat, als ihm durch diese Unterordnung unter das Müller'sche angewiesen wurde, indem ich nachwies (Sitzungsberichte, Bd. 52, S. 107), dass eine vom Ursprunge der Coordinaten durch den Punct der halben Sättigung gezogene Gerade[1]) der empirischen Curve der magnetischen Intensitäten sehr nahe kommt und zwar näher als die nach der Müller'schen Gleichung berechnete Curve, — oder, mit anderen Worten, dass diese Gerade den Beobachtungen sich besser anschliesst, als das durch die Gerade abgeschnittene Segment der Müller'schen Curve.

Ich habe dieses Verfahren damit begründet, dass nämlich der Wendepunct der magnetischen Intensitätscurve[2]), bis zu welchem dieselbe eben sehr wenig von einer Geraden abweicht, in der Regel dem Puncte der halben Sättigung nahe liegt und im Allgemeinen

---

1) Um dieselbe zu construiren, errichtet man für die Abscisse $x = \alpha\gamma^{\frac{3}{4}}$ die Ordinate $y = 45\beta\gamma$, wenn α und β die Constanten der Müller'schen Formel und γ das Stabgewicht bedeuten, und verbindet den so bestimmten Punct mit dem Ursprunge der Coordinaten.

2) Das Stück der Intensitätscurve vom Anfangspuncte der Coordinaten bis zum Wendepuncte habe ich in meiner ersten Abhandlung die „Anomalie" genannt, weil es eben die Abweichung von der Müller'schen Formel charakterisirt, habe jedoch Seite 92 jener Abhandlung auch ausdrücklich hervorgehoben, dass diese sogenannte Anomalie keineswegs in ihrer ganzen Ausdehnung convex gegen die Abscissenaxe erscheint, sondern vielmehr aus einem convexen und einem merklich geradlinigen Theile besteht. Wenn also Dub in einer vor Kurzem erschienenen Abhandlung (Pogg. Ann. Bd. 133) hervorhebt, dass die Werthe $\frac{y}{x}$ nicht nur ein Zu- und Abnehmen, sondern auch ein Constantbleiben zeigen, so ist darin kein Widerspruch, sondern nur eine Bestätigung meiner eigenen Beobachtungen und Behauptungen. Dass unter den für meine Versuche berechneten Quotienten $\frac{y}{x}$ die constanten Werthe weniger zahlreich erscheinen als bei Dub, hat seinen Grund darin, weil bei meinen Versuchen die successive angewendeten Stromstärken in einem viel rascheren Verhältnisse wachsen und daher viel grössere Ordinaten-Intervalle bedingen, als es bei Dub's Versuchen der Fall ist.

zwischen den Ordinaten gelegen ist, welche einem Drittel und der Hälfte des magnetischen Maximums entsprechen[1]).

Seither haben meine Untersuchungen über die Grenzen der Magnetisirbarkeit ein grösseres magnetisches Maximum für die Gewichtseinheit als das damals angenommene herausgestellt[2]), was — wie ich in der bezüglichen Abhandlung (Wiener Sitzungsberichte, Bd. 59) auch angedeutet habe — eine andere Bezeichnung der Lage des Inflexionspunctes und somit auch der Proportionalitätsgrenze von Magnetismus und Stromstärke bedingen würde.

Um dabei mit grösserer Sicherheit vorzugehen, habe ich jedoch auch neuerdings Rechnungen über den Verlauf der Werthe $\frac{y}{x}$ in einer grösseren Anzahl vorliegender Beobachtungen angestellt und dabei nicht nur eigene Versuchsresultate benutzt, sondern auch einige von denjenigen mit einbezogen, welche Dub in seiner kürzlich erschienenen Abhandlung: „Ueber das Eintreten des Sättigungszustandes der Electromagnete" (Pogg. Ann. Bd. 133) mitgetheilt hat.

Ich will gleich von vornherein bemerken, dass die nachstehenden Resultate dieser Rechnungen zeigen: Dass meine ursprüngliche Angabe der Lage des Inflexionspunctes oder der Grenze der Giltigkeit des Lenz-Jacobi'schen Gesetzes, nämlich bis zu Magnetisirungen zwischen $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{2}$ des magnetischen Maximums aufrecht bleibt und auf den neu berechneten Werth dieses Maximums bezogen sogar genauer ist als mit Beziehung auf den früher angenommenen, was eben in einer geringeren Genauigkeit und Ausdehnung der diesbezüglichen früheren Rechnungen begründet ist.

Wenn man aus meinen Versuchen mit den Stäben Nr. 1 bis Nr. 5 meiner ersten Abhandlung (Seite 100 und 101 des 52. Bandes der Sitzungsberichte) die Quotienten $\frac{y}{x}$ rechnet und bei den (in nachstehender Tabelle grossgedruckten) Werthen stehen bleibt, mit welchen eine entschiedene Abnahme dieser Quotienten eintritt, so gelangt man zu folgenden Resultaten, welchen unter der Bezeichnung „letzte Ordinate" auch die Werthe von y beigefügt sind, welche für jeden Stab dem zuletzt angeführten Quotienten $\frac{y}{x}$ zu Grunde liegen. Der Mittelwerth dieser letzten und der nächst vorhergehenden Ordinate ist als „Ordinate

1) Wiener Sitzungsberichte, Bd. 52, S. 105 und Bd. 48, S. 544.

2) Nämlich 2100 statt 1680 absolute Einheiten per Milligramm.



des Wendepunctes", nämlich als diejenige magnetische Intensität angenommen worden, bis zu welcher Proportionalität zwischen Magnetismus und Stromstärke stattfand. Durch Vergleichung dieses Werthes mit dem unter der Aufschrift „theoretisches Maximum" beigefügten aus dem Gewichte des betreffenden Stabes berechneten Grenzwerthe der Magnetisirbarkeit (2·1 Millionen absolute Einheiten per Gramm gerechnet) ergaben sich die für jeden Stab in der untersten Zahlenreihe beigefügten Sättigungsprocente, bis zu welchen das Lenz-Jacobi'sche Gesetz Geltung hatte.

Werthe von x	Werthe von $\frac{y}{x}$ für die Stäbe				
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
1	0·393	0·549	0·640	0·595	0·823
2	0·366	0·549	0·686	0·686	0·910
3	**0·289**	0·549	0·702	0·710	0·912
4	—	0·560	0·698	0·721	0·904
5	—	**0·607**	**0·622**	0·733	0·917
6	—	—	—	0·710	0·941
7	—	—	—	0 708	0·922
8	—	—	—	**0·668**	0·956
9	—	—	—	—	0·954
10	—	—	—	—	0·933
15	—	—	—	—	**0 806**
Letzte Ordinate	0 869	2·536	3·113	5·342	12·089
Ordinate des Wendepunctes	0·800	2·389	2·952	5.148	10·712
Theoretisches Maximum . .	1·62	5·67	6·11	12·01	21·21
Sättigungs-Procente	49%	42%	48%	43%	55%

Die aus der oben citirten Abhandlung von Dub entnommenen Versuche[1]), welche ich ebenfalls für diesen Zweck benutzen konnte,

1) Pogg. Ann. Bd. 133, S. 64 und 65.

beziehen sich auf 5 Stäbe von 12 Zoll Länge und von den Durchmessern $^3/_{16}$, $^5/_{16}$, $^3/_8$, $^4/_8$ und $^5/_8$ Zoll. — Die in nachstehender Tabelle für x und y angeführten Zahlen sind Dub's Abhandlung entnommen, jedoch durchaus mit 10 multiplicirt. Als Ordinate des Wendepunctes habe ich hier nicht das Mittel zwischen zwei Ordinaten wie oben, sondern einfach die dem ersten abnehmenden Quotienten $\frac{y}{x}$ entsprechende angenommen, weil hier die Intervalle so klein sind, dass mir eine Interpolation nicht nöthig schien. Die grossgedruckten Quotienten $\frac{y}{x}$, mit welchen deren Abnahme eintritt, sind die von Dub selbst als solche hervorgehobenen.

Werthe von x	Werthe von $\frac{y}{x}$ für die Stäbe				
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
0·524	0·850	1·691	2·025	2·215	2·723
0·875	**0·849**	1·671	2·041	2·279	2·779
1·228	0·809	1·693	2·030	2·336	2·724
1·583	0·697	**1·684**	2·042	2·393	2·730
1·944	0·625	1·437	**2·039**	2·372	2·778
2·309	—	1·292	1·904	2·388	2·859
2·679	—	1·176	1·760	**2·366**	2·850
3·057	—	1·066	1·613	2·322	2·868
3·640	—	0.952	1·355	2·142	**2·846**
4·245	—	0.845	1·279	2·038	2·735
Letzte Ordinate	0.743	2·667	3·964	6·340	10·360
Theoretisches Maximum . .	2.20	6·20	9·00	15·99	24·97
Sättigungs-Procente . . .	34%	43%	44%	40%	42%

Man sieht aus den angeführten Zahlen, dass die Sättigungsprocente, bei welchen die Abnahme der Quotienten $\frac{y}{x}$ eingetreten ist, nicht unter 34% und nicht über 55% gehen.

Dies bestätigt sonach neuerdings meine ursprüngliche Angabe, dass der Wendepunct, welcher die Proportionalitätsgrenze für Magnetismus und Stromstärke bezeichnet, zwischen 1/3 und 1/2 des magnetischen Maximums gelegen ist. — Man kann daher in runder Zahl wohl sagen, dass das Lenz-Jacobi'sche Gesetz bis zu Sättigungsgraden von 30% bis 50% Geltung hat.

Nach meinen Erfahrungen liegt diese Grenze in den meisten Fällen viel näher bei 50%, und zwar so nahe, dass man als Regel annehmen kann: Das Lenz-Jacobi'sche Gesetz gelte bis zur halben Sättigung.

Dies würde sich auch aus den Versuchen von Dub deutlicher herausgestellt haben, wenn man bei der Bestimmung der Grenzwerthe bis zu jenen Werthen von $\frac{y}{x}$ gegangen wäre (wie ich es bei meinen Versuchsresultaten durchgeführt habe), bei welchen zuerst eine bedeutende Abnahme eintritt, während Dub schon die geringsten, noch keine erheblichen Abweichungen von der Proportionalität bedingenden und z. B. in einer graphischen Darstellung noch gar nicht merklichen Abnahmen berücksichtigt hat.

Nicht unbedeutend sind jedoch in vielen Fällen die bei geringen Magnetisirungen stattfindenden Zunahmen der Quotienten $\frac{y}{x}$, welche ein genaues Zutreffen des Lenz-Jacobi'schen Gesetzes nicht selten auf das Intervall zwischen 10% und 50% des theoretischen Maximums einschränken.

Ueber ein selbstregistrirendes Thermometer für Bestimmung der Temperatur der Meerestiefen.

Von

A. Miller.

(Proceeding of the Royal Society, Vol. XVII.)

(Hiezu Tafel XX Fig. 1.)

Es wird den Mitgliedern der R. Society bereits bekannt sein, dass die Admiralität, auf Ansuchen des leitenden Comité's der Gesellschaft, ein Aufnahms-Schiff („surveying vessel") für einige Wochen während des Sommers 1869 zur Verfügung Dr. Carpenter's und seiner Mitarbeiter gestellt hat, um dieselben in Stand zu setzen, einige wissenschaftliche Untersuchungen in der Nordsee auszuführen. Unter die Gegenstände, welche die Expedition in's Auge gefasst hat, gehört auch die Bestimmung der Temperatur der Meerestiefen.

Es ist nun wohlbekannt, dass registrirende[1]) Thermometer der gewöhnlichen Construction, wenn dieselben in bedeutende Tiefen gesenkt werden, fehlerhafte Angaben liefern und zwar in Folge der zeitlichen Verminderung der Capacität des Thermometer-Gefässes unter dem Drucke,[2]) welchem dasselbe ausgesetzt ist. Der Index wird hiedurch über jenen Punct, welcher der Wirkung der wahren Temperatur entspricht, vorwärts geschoben und die von dem Instrumente gelieferten Angaben fallen zu hoch aus.

Ich verfiel auf ein einfaches Auskunftsmittel, von dem ich erwartete, dass es wahrscheinlich die Schwierigkeit beseitigen würde; und

---

1) Es sind unter diesem Ausdrucke Minimum-Thermometer mit beweglichen Indices gemeint. A. d. R.

2) Im Meerwasser von der Dichte 1·027 steigt der Druck mit der Tiefe im Verhältnisse von 280 Pfunden auf dem Quadratzoll für je 100 Faden oder genau um 1 Tonne für je 800 Faden.

da dieses Auskunftsmittel nach Prüfung desselben sich vollständig erfolgreich erwies, so habe ich gedacht, dass eine Mittheilung über den verfolgten Weg künftigen Beobachtern nicht unlieb sein dürfte.

Die selbstregistrirenden Thermometer, welche man anzuwenden beschloss, sind nach dem Principe von Six construirt. Es ist viele Sorgfalt erforderlich, um die Stärke der an dem Index angebrachten Feder und die Gestalt des ersteren so einzurichten, dass derselbe sich hinlänglich frei bewegt, wenn das Quecksilber ihn zu bewegen sucht, ohne dass man Gefahr laufe, dass der Index bei dem gewöhnlichen Gebrauche des Thermometers, beim Einsenken oder Herausziehen aus dem Wasser sich verschiebe. Mehrere solche Thermometer sind mit ungewöhnlicher Sorgfalt von Hrn. Casella angefertigt worden, welcher die in Bezug auf Genauigkeit günstigsten Verhältnisse der Stärke der Feder und des Durchmessers der Röhre bestimmt hat. Hr. Casella construirte auch eine hydraulische Presse eigens zu dem Zwecke, diese Instrumente zu prüfen. Die im Nachstehenden beschriebenen Versuche wurden mit Hilfe dieser Presse angestellt.

Das zum Schutze der Thermometer gegen die Wirkungen des Druckes angewendete Hilfsmittel bestand einfach darin, das Gefäss eines solchen Six'schen Thermometers in eine zweite oder äussere Glasröhre einzuschliessen, welche letztere an die Thermometerröhre in der, in der Figur 1, Taf XX. angegebenen Weise angeschmolzen wurde. Diese äussere Röhre wurde nahe zur Gänze mit Alcohol gefüllt, indem man einen kleinen Raum übrig liess, welcher eine Volumsänderung durch Ausdehnung gestattete. Der Alcohol wurde erhitzt, um durch seine Dämpfe einen Theil der Luft zu verdrängen, und es wurde hierauf das äussere Glasrohr mit seinem Inhalte hermetisch geschlossen. Auf diese Art verhindert man, dass Aenderungen des äusseren Druckes auf das Thermometer-Gefäss wirken, während Temperatur-Aenderungen des umgebenden Medium's sich durch die dünne dazwischen liegende Schichte des Alcohol rasch fortpflanzen. Das Thermometer ist gegen äussere Beschädigungen dadurch geschützt, dass dasselbe in ein zweckmässig construirtes Kupfergehäuse eingeschlossen ist, welches, um dem Wasser freien Durchzug zu gewähren, oben und unten offen ist.

Um die Wirksamkeit dieser Einrichtung zu erproben, wurden die zu prüfenden Instrumente in einen mit Wasser gefüllten starken schmiedeisernen Cylinder gebracht und dem hydraulischen Drucke ausgesetzt. Dieser Druck konnte stufenweise erhöht werden, bis er

3 Tonnen auf dem Quadratzoll betrug und die Höhe desselben konnte während der Dauer des Versuches an einer an dem Apparate befindlichen Maassröhre abgelesen werden.

Einige vorläufige am 5. Mai 1869 angestellte Versuche zeigten, dass die Presse befriedigend wirkte und die vorgeschlagene Form der Thermometer dem beabsichtigten Zwecke entsprechen werde.

Diese vorläufigen Versuche zeigten ferner, selbst bei Thermometern, deren Gefässe geschützt waren, eine Bewegung des Index nach vorwärts von 0·5 bis 1·0 Fahrenheit während der Dauer eines jeden Versuches. Diese Wirkung wurde jedoch, wie ich glaube, nicht durch eine Zusammendrückung des Thermometer-Gefässes, sondern durch eine wirkliche Temperaturerhöhung hervorgebracht, welche der bei der Zusammendrückung des Wassers in der Höhlung der Presse entwickelten Wärme zuzuschreiben ist.

Diese Vermuthung wurde durch einige nachträgliche Experimente, welche in der letzten Woche angestellt wurden, um diesen Punct festzustellen, als richtig erwiesen. Bei dieser Gelegenheit wurden folgende Thermometer benützt:

Nr. 9645. Ein Quecksilber-Maximum-Thermometer, nach Prof. Phillipps's Einrichtung.[1]) Dasselbe war in eine starke äussere Glasröhre eingeschlossen, welche etwas Alcohol enthielt und hermetisch geschlossen war.

Nr. 2. Ein Thermometer nach Six, mit einem nach meinem Vorschlage durch ein äusseres Glasrohr geschützten Thermometer-Gefässe.

Nr. 3. Ein Thermometer nach Six mit einem langen gekrümmten Gefässe, in ähnlicher Weise geschützt.

Nr. 1. Ein Thermometer nach Six mit einem cylindrischen Gefässe von ungewöhnlicher Stärke, ebenfalls in ähnlicher Weise geschützt.

Nr. 3. Ein Thermometer nach Six mit sphärischem Gefässe von ungewöhnlich starkem Glase, nicht geschützt.

---

1) Eine kleine Luftblase dient als Index; das Thermometer ist identisch mit jenem, welches die Franzosen Walferdin's Maximum-Thermometer nennen.

Nr. 6. Das von der Admiralität eingeführte Instrument nach Six mit Scale von Elfenbein; das Gefäss nicht geschützt.

Nr. 9651. Ein gewöhnliches Quecksilber-Maximum-Thermometer nach Phillipps mit kugelförmigem Gefässe, nicht geschützt.

Die hydraulische Presse war in einem offenen Hofe aufgestellt und mehrere Stunden zuvor mit Wasser gefüllt worden. Ein Maximum-Thermometer wurde in einem mit Wasser gefüllten schmiedeisernen Gefässe angebracht, welches an einem Ende mit der äusseren Luft frei communicirte und am anderen Ende geschlossen war. Dasselbe zeigte 46·7° F. beim Beginne und 47° F. am Schlusse des Versuches, während die Temperatur der äusseren Luft 49° F. war.

Beim Beginne des Versuches wurden die 7 der Untersuchung unterzogenen Thermometer in das in der Höhlung der Presse befindliche Wasser gebracht und nach Verlauf von zehn Minuten wurden die Indices eines jeden Thermometers eingestellt, sorgfältig abgelesen und jedes Instrument unmittelbar darauf wieder in die Presse zurückgebracht, welche hierauf geschlossen wurde. Indem man die Pumpe in Thätigkeit setzte, wurde der Druck nach und nach bis zu $2^1/_2$ Tonnen auf den Quadratzoll gesteigert. Der Druck wurde auf dieser Höhe durch 40 Minuten erhalten, um der durch die Compression des Wassers verursachten geringen Temperaturerhöhung Zeit zu geben, sich mit der Temperatur der Gesammtmasse des Apparates auszugleichen. Nach Verlauf dieser 40 Minuten wurde der Druck rasch vermindert. Hiedurch wurde eine entsprechende Temperatur-Erniedrigung hervorgebracht; die Presse wurde unmittelbar darauf geöffnet und die Stellung der Indices von neuem sorgfältig abgelesen. Man fand, dass das Wasser eine merklich — ungefähr 0·6° F. — niedrigere Temperatur hatte, als am Anfang des Versuches. Auf diese Art wurde der Beweis hergestellt, dass die Bewegung des Index nach vorwärts in den geschützten Thermometern, welche bis zu 0·9° betrug, wirklich einer Temperaturerhöhung und nicht einer temporären, durch den Druck hervorgebrachten Aenderung des Volums des Thermometer-Gefässes zuzuschreiben sei.

Es wird sich dies bei Betrachtung der nachfolgenden Tafel der beobachteten Temperaturen deutlich herausstellen:



Erste Beobachtungsreihe. Druck $2^1/_2$ Tonnen auf den Quadratzoll.

Nummer des Thermometers		Minimum-Index vor dem Versuche	Minimum-Index nach dem Versuche	Maximum-Index vor dem Versuche	Maximum-Index nach dem Versuche	Quecksilber-Max.-Therm. nach dem Versuche
Geschützt	Nr. 9645	...	...	47·0	47·7	
	2	47·0	46·5	46·7	47·6	46·5
	5	47·0	46·3	47·5	47·6	46·0
	Mittel	...	...	...	47·6	
Nicht geschützt	1	46·7	46·4	46·5	54·0	46
	3	47·0	46·5	46·5	56·5	46
	56	47·0	46·0	47·0	55·5	46
	9651	...	...	46·7	118·5	
	Mittel	46·9	46·3	46·7	...	46·1
Temperatur der äusseren Luft				49	49	
Temperatur durch das Thermometer in der Presse angezeigt				46·7	47	

Bei dem Maximum-Thermometer von Philipps, Nr. 9651, mit nicht geschütztem, kugelförmigem Gefässe, hatte das letztere eine so bedeutende Volumsänderung erfahren, dass der Index beinahe zum Ende der Röhre getrieben wurde. Bei allen anderen nicht geschützten Instrumenten, welche mit Thermometer-Gefässen von ungewöhnlicher Stärke versehen waren, war der Index um 6·4 bis 8·9° F. aus seiner eigentlichen Stellung verschoben worden und es ist klar, dass die Grösse dieses Fehlers bei jedem Instrumente mit der wechselnden Stärke des Gefässes und seiner Fähigkeit, dem Drucke Widerstand zu leisten, variiren muss.

Ungeachtet des starken Druckes, welchem diese Instrumente ausgesetzt worden waren, kehrten alle ohne Ausnahme zu ihren ursprünglichen Scalen-Ablesungen, sobald der Druck aufgehoben wurde, wieder zurück.

Es ist aus obiger Tafel ersichtlich, dass die durchschnittliche durch die drei geschützten Thermometer angezeigte Temperaturerhöhung 0·9° F. war, während die durchschnittliche Temperaturerniedrigung, welche alle Instrumente anzeigten, welche solche Angaben zu liefern geeignet waren, 0·6° betrug — eine Uebereinstimmung, welche in so hohem Grade stattfand, als bei den Verhältnissen des Versuches erwartet werden konnte.

Eine zweite Reihe von Versuchen wurde mit denselben Instrumenten, mit Ausnahme des Thermometers Nr. 9651, angestellt. Der Druck wurde nun bis zu 3 Tonnen auf den Quadratzoll erhöht und dieser Druck wurde während 10 Minuten in derselben Höhe erhalten. Als der Druck bis zu $2^3/_4$ Tonnen gesteigert worden war, hörte man eine leichte Detonation in der Presse, welche das Brechen eines der Thermometer verkündigte. Als man nachträglich den Inhalt der Presse untersuchte, fand man, dass Nr. 2 gebrochen, die anderen Thermometer aber unbeschädigt waren. Das zerbrochene Thermometer war das erste, welches nach dem gegenwärtig vorgeschlagenen Systeme construirt war, und es war in Folge dessen nicht so vollendet in der Ausführung, während die nachfolgende Erfahrung für die Thermometer späterer Construction alle nöthigen Vorsichtsmaassregeln an die Hand gab. Die Resultate der Versuche bei dem höheren Drucke zeigten bei den ungeschützten Thermometern eine Erhöhung der Volums-Verminderung an, welche in einem Falle sogar 11·5° F. erreichte. Bei den geschützten Instrumenten überstieg die Verschiebung des Index nicht 1·5°, welche, wie im früheren Falle, von der Temperaturerhöhung des Wassers durch den Druck herrührten.

Es möge die Bemerkung gestattet sein, dass ein Druck von 3 Tonnen auf den Quadratzoll einem Drucke von 448 Atmosphären zu 15 (engl.) Pfunden auf den Quadratzoll gleich ist und wenn man annimmt, dass die Volumsverminderung des Wassers unter dem Drucke gleichförmig im Verhältnisse von 47 Milliontheilchen des Volums für jede hinzukommende Atmosphäre sich fortsetzt, so wird die Volumsveränderung des Wassers bei einem Drucke von 3 Tonnen auf den Quadratzoll ungefähr $^1/_{47}$ des ursprünglichen Volums betragen. Vermuthlich ist diese Schätzung zu hoch, indem das Verhältniss der Volumsverminderung höchst wahrscheinlich abnehmen wird, während der Druck zunimmt.

Ueber Knochenhauer's Vergleichung der Theorie mit der Erfahrung für die oscillatorische electrische Entladung in einem verzweigten Schliessungsbogen.

Von

W. Feddersen.

(Vom Herrn Verfasser freundlichst eingesandt.)

Nachdem ich in dem 130. Bande in Poggendorff's Annalen S. 439 u. f. die Theorie der electrischen Flaschenentladung auf den Fall angewendet hatte, wo der Schliessungsbogen eine Zweigleitung enthält, und gezeigt, dass gewisse, von Knochenhauer aufgefundene Anomalien der Wärmeentwicklung) in den einzelnen Zweigen aus den Grundprincipien der Electricitätslehre ihre natürliche Erklärung finden, hat der genannte Experimentator im 133. Bande d. Ann. S. 447 u. f. sowie S. 655 u. f. eine Reihe von Versuchen veröffentlicht, aus welchen er eine Discordanz zwischen Theorie und Erfahrung abzuleiten sucht. Es war meine Absicht, nicht blos negativ zu zeigen, dass die von Knochenhauer geführte Rechnung in ihren Grundlagen falsch ist, in Folge dessen seine daraus gezogenen Schlüsse unzutreffend sind, sondern auch positiv durch Experimente zu beweisen, dass in der That Theorie und Erfahrung auch im verzweigten Schliessungsbogen, soweit man Erstere durch Letztere zu prüfen im Stande ist, vollkommen Hand in Hand gehen oder materiell den Differenzpunct näher anzugeben. Bereits hatte ich mir verschiedene Apparate herstellen lassen, als persönliche Verhältnisse mich veranlassten, von einer experimentellen Behandlung des Gegenstandes wenigstens vorläufig abzusehen. Um nun die Einwürfe Knochenhauer's gegen die Theorie nicht länger unerledigt zu lassen, beschränke ich mich auf die Ausführung des ersten Theils meines Planes, nämlich die Besprechung der a. a. O. von Knochenhauer veröffentlichten Experimente, und

der von ihm dafür versuchten Berechnung, wobei sich zeigen wird, dass die Versuche, weit entfernt, die Richtigkeit der Theorie in Zweifel zu stellen, vielmehr, soweit sie eine approximative Controle der Theorie zulassen, als Stütze derselben dienen können.

Zunächst möge kurz recapitulirt werden, warum es sich handelt.

Entladet man eine Leydener Flaschenbatterie durch einen gut leitenden einfachen Schliessungsbogen, so oscillirt, wie durch Theorie und Erfahrung hinreichend bewiesen, die vorher in der Batterie angehäufte Electricität, durch Wärmeabgabe und Arbeitsleistung sich verzehrend, zwischen den inneren und äusseren Belegungen[1]).

Die Theorie für einen einfachen Schliessungsbogen lässt sich auch auf den Fall anwenden, wo sich in demselben ein Zweigsystem befindet.

In meiner Abhandlung über die Theorie der Stromverzweigung bei der electrischen oscillatorischen Entladung a. a. O. habe ich unter gewissen Voraussetzungen den Ausdruck für die Stromstärke entwickelt, welche in irgend einem Augenblick in einem von zwei Zweigen stattfindet. Aus der Formel für diese Stromstärke habe ich durch Integration einen Ausdruck abgeleitet für die Wärmeentwickelung an zwei identischen Prüfungsstellen der Zweige (also z. B. in zwei gleichen, in die Zweige eingeschalteten Luftthermometern). Der Ausdruck war eine complicirte Formel, welche sich jedoch unter beschränkenden Annahmen ausserordentlich vereinfachen liess. Es ergab sich nämlich, dass die in einem Zweige entwickelte Wärmemenge in diesem Falle umgekehrt proportional wurde dem Quadrat der electrodynamischen Constante dieses Zweiges, analog wie die Erwärmung in dem Zweige eines galvanischen Schliessungsbogens umgekehrt proportional dem Quadrat des galvanischen Widerstands sein würde.

Ferner machte ich a. a. O. darauf aufmerksam, dass bei verschiedenen Versuchen von Knochenhauer die erwähnten beschränkenden

1) Der mathematische Ausdruck für die Existenz dieser oscillatorischen Entladungsweise ist bekanntlich in der Bedingung

$$\frac{4}{A\beta} > \frac{W^2}{4A^2}$$

enthalten, wo β die Capacität der Batterie, W der Widerstand des Schliessungsbogens und A die electrodynamische Constante (das Strompotential oder die electrodynamische Capacität) des Letzteren bedeutet.

Annahmen zutreffend scheinen, und, dass er in diesen Fällen die Wärmeentwickelung umgekehrt proportional mit dem Quadrat der von ihm sogenannten „aequivalenten Länge“ gefunden hat. Ich sprach es aus, dass in diesen Fällen die „aequivalente Länge“ (wenigstens an nähernd) als ein Ausdruck für das Strompotential und mithin in gewisser Weise als eine physicalische Constante zu betrachten sei. Als Consequenz davon hob ich hervor, dass in jenen Fällen die „aequivalente Länge“ in derselben Art und in demselben Sinne wie die electrodynamische Constante nur von Figur und Dimensionen des Zweigdrahtes sich abhängig zeigt.

Zugleich erwähnte ich, dass bei einer andern Anzahl von Versuchen, wo Knochenhauer die „aequivalente Länge“ von dem Material des Zweigdrahtes, von der Grösse der Batterie, so wie von dem Widerstand der Hauptleitung des Schliessungsbogens abhängig findet, hinreichender Grund zu der Annahme vorhanden ist, dass die beschränkenden Bedingungen nicht erfüllt sind, unter denen die Erwärmung einer Prüfungsstelle in einem Zweige dem reciproken Quadrate der electrodynamischen Constante dieses Zweiges proportional gesetzt werden darf. Die „aequivalente Länge“, durch die reciproke Wurzel aus dem Werthe der Erwärmung bestimmt, lässt sich dann nicht mehr als eine physicalische Constante des in dem Zweige angewandten Leitersystems betrachten.

Untersucht man mit Hülfe der allgemeinen, a. a. O. von mir entwickelten Erwärmungsformel theoretisch, wie sich der unter beschränkenden Annahmen gefundene einfache Ausdruck der Erwärmung ändert, wenn man die eine oder andere der Beschränkungen fallen lässt, so findet man eine Aenderung, welche dem Sinne nach durchaus der Aenderung entspricht, welche Knochenhauer bei seiner „aequivalenten Länge“ gefunden hat; dies habe ich ebenfalls a. a. O. des Weiteren auseinandergesetzt, ohne jedoch die Uebereinstimmung von Theorie und Erfahrung für einzelne Versuche Knochenhauer's numerisch nachzuweisen. Eine solche Nachweisung müsste ihr Missliches haben, weil auf der einen Seite die Figur und Anordnung der Drähte bei Knochenhauer nicht genau genug beschrieben war, um danach eine genauere Auswerthung der electrodynamischen Constante vornehmen zu können, auf der andern Seite aber die Auswerthung selbst bei nicht ganz einfachen geometrischen Figuren unüberwindliche

mathematische Schwierigkeiten bietet. [1]). Dennoch liessen sich in manchen Fällen vielleicht gewisse wahrscheinliche Werthe ermitteln.

Wenigstens versucht Knochenhauer für einige [2]) seiner in Poggendorff's Annalen Bd. 133 beschriebenen Versuche eine Vergleichung zwischen Theorie und Erfahrung anzustellen, und hiervon soll im Folgenden die Rede sein.

Zunächst bespricht Knochenhauer in der vorliegenden Abhandlung einen Fall, wo ein $33^m,532$ langer, $1^{mm},184$ dicker Kupferdraht das eine Mal als „gestreckter Draht", das andere Mal als Spirale von 32 Windungen mit $3''' = 6^{mm},767$ Abstand zweier benachbarter Windungen zum Versuch diente. Die „aequivalenten Längen" sind von Knochenhauer in gewöhnlicher Weise bestimmt, und der Versuch fällt in die Kategorie derjenigen, für die ich behauptet habe, dass die „aequivalente Länge" wenigstens annäherungsweise als ein Ausdruck des Strompotentials für den betreffenden Draht in der angewandten Form und Aufspannungsart anzusehen sei. Knochenhauer findet aus dem Versuch das Verhältniss der „aequivalenten Länge" für den „gestreckten Draht" zu derjenigen für die Spirale, wie

$$1 : 6,73.$$

Es kommt nun darauf an, für beide Formen der gebrauchten $33^m,532$ die electrodynamische Constante zu entwickeln, und das Verhältniss zu bilden, welches der Theorie nach mit dem eben angegebenen übereinstimmen soll.

---

1) Die electrodynamische Constante (oder das Strompotential, auch electrodynamische Capacität genannt) eines Leiters muss ja durch Integration von

$$\frac{8}{c^2}\int\int\frac{ds\, ds'}{r}\cos\Theta\cos\Theta'$$

über den ganzen Leiter gefunden werden. (Die Buchstaben haben hier die gewöhnliche, auch von Kirchhoff gebrauchte Bedeutung.)

2) Knochenhauer theilt in derselben Abhandlung an verschiedenen Stellen mehrere Versuche mit, in denen Verhältnisse (Magnetisirungen theils von eisernen Leitungsdrähten, theils von in Inductionsrollen geschobenen Eisendrahtbündeln) vorkommen, welche der Vereinfachung halber, von Anfang an, bei Entwicklung der Formeln ausgeschlossen waren. Da die Bedingungen, für welche die Formeln der electrischen Entladung abgeleitet sind, sowohl in den Thomson'schen und Kirchhoff'schen Abhandlungen, als auch von mir a. a. O. erörtert wurden, so brauche ich auf diese Versuche wohl nicht mehr einzugehen; ebenso darf ich mich wohl einer jeden Polemik enthalten gegen die Einführung eines besondern „electrischen" Widerstandes, den jeder der Zweige ausser seinem galvanischen Widerstand noch besitzen soll. (S. Knochenhauer a. a. O. S. 660.)



Für die zweite Form (die Spirale) die electrodynamische Constante zu bilden, ist nach den von Kirchhoff in den Annalen Bd. 121, S. 560 gegebenen Formen nicht schwer. Wenn man hier, wie auch später, den Factor $\frac{8\,.\,2\,.\,33532}{c^2}$ fortlässt, beträgt sie nach Knochenhauer bei einem zu $6^{mm},767$ angenommenen Abstand der Windungen

$$46{,}4441\,,$$

nach meiner Berechnung bei einem zu $6^{mm},756$ angenommenen Abstand[1])

$$46{,}50.$$

Für die erste Form, die $33^m,532$ „gestreckten Drahtes", die Constante zu bilden, hat jedoch weit grössere Schwierigkeit. Knochenhauer setzt freilich ohne Weiteres die Constante einfach gleich $\log\frac{L}{\alpha}$, wo L die Länge und α der Radius des Drahtes ist, also hier gleich

$$\log\frac{33{,}532}{0{,}592}$$

und findet darnach das gesuchte Verhältniss

$$1:4{,}23.$$

So einfach liegen indessen die Sachen nicht; es bedarf vielmehr einer sorgfältigen Ueberlegung, welche Form wohl dem „gestreckten Draht" entsprechen möge, und welche Vernachlässigungen bei der Bildung des Ausdrucks erlaubt sind. Die von Kirchhoff gegebene Formel

$$\frac{8}{c^2}\,.\,2\,L\log\frac{L}{\alpha}$$

(oder wie oben $\log\frac{L}{\alpha}$ mit Weglassung des Factors $\frac{8}{c^2}\,.\,2\,L$) für die electrodynamische Constante eines Drahtes von der Länge L und dem Radius α bezieht sich zunächst auf Werthe von L und α, für welche $\log\frac{L}{\alpha}$ gegen die Einheit eine sehr grosse Zahl ist. Dies trifft in unserem Falle nicht zu; wir würden daher schon mit grösserer Annäherung die electrodynamische Constante des „gestreckten Drahtes" erhalten, wenn wir die von Kirchhoff, Annalen Bd. 100,

1) Es ist der Abstand, welchen ich früher an den von Knochenhauer mir zugesandten Rollen gemessen hatte.

S. 200 zu Ende, vernachlässigte Zahl — 1 dem Logarithmus addiren, allein es kann in unserem Falle von einem geraden Drahte überhaupt nicht die Rede sein.

Es ist leicht einzusehen, dass, wenn in einem Zweige eine Inductionsrolle (von immerhin geringer Ausdehnung) *cet. par.* durch einen „gestreckten Draht" ersetzt wird, oder wenn von zwei Zweigen der eine aus einer Inductionsrolle, der andere aus einem „gestreckten Drahte" besteht, die Enden dieses „gestreckten Drahtes" in keiner grösseren Entfernung von einander sein können, als die Enden der Inductionsrolle. Man könnte daher für die electrodynamische Constante des $33^m,352$ „gestreckten Drahtes" näherungsweise die Formel anwenden wollen, welche Kirchhoff für einen kreisförmigen, oder etwa für einen in Form eines Quadrates aufgespannten Draht gegeben hat; allein auch dies würde nicht statthaft sein, weil Knochenhauer die $33^m,532$ Draht gar nicht direct in „gestreckter" Form mit der Spiralform verglichen hat, sondern als Maass für die „äquivalente Länge" die Länge eines Drahtes von „höchstens 20 bis 30 Fuss" gebraucht, hiermit andere Spiralen bestimmt, und erst, mit Anwendung dieser Hülfsspiralen, die „äquivalente Länge" unserer aus den $33^m,532$ Draht gewickelten Spirale ermittelt hat.

Wir werden daher, um auf das Experiment gehörige Rücksicht zu nehmen, uns die $33^m,532$ in einzelne Theile zerlegt denken, die electrodynamische Constante für jeden Theil nach einer für das Experiment wahrscheinlichen Form suchen, und aus der Summe[1]) der so erhaltenen Werthe, mit dem oben angegebenen Werthe für die Spirale, das gesuchte Verhältniss bilden müssen. Die Zahlen, welche die Ausführung dieser Operationen für das gesuchte Verhältniss liefert, sind:

1) wenn wir den $33^m,532$ langen Draht uns in vier gleiche Theile zerlegt denken,
   a) bei der Annahme der Kreisform,
   $$1 : 5{,}78,$$
   b) bei der Annahme der Quadratform,
   $$1 : 607;$$

---

1) Die einzelnen Theile sind in derjenigen gegenseitigen Lage gedacht, wo es gestattet ist, die Induction je zweier aufeinander zu vernachlässigen, gegen die Induction jedes einzelnen auf sich selbst.

2) wenn wir uns den betreffenden Draht in fünf gleiche Theile zerlegt denken,

a) bei Annahme der Kreisform,

1 : 5,93.

b) bei Annahme der Quadratform,

1 : 6,26.

Nähern sich diese Zahlen schon bedeutend dem von Knochenhauer durch den Versuch gefundenen Verhältniss (1 : 6,73) der „aequivalenten Längen“, so ist noch zu bedenken, dass weder eine besonders angenäherte Kreis- noch eine dergl. Quadratform für Knochenhauer's Experimente wahrscheinlich ist, dass aber, wie eine einfache Ueberlegung ergiebt, eine Abweichung von dieser Form, wodurch zwei von demselben Strome gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung durchflossene Leitertheile einander näher gebracht werden, in jedem der beiden Fälle eine weitere Verkleinerung der Zahl mit sich bringt, welche wir für die electrodynamische Constante des 33^m,532 langen Drahtes in „gestreckter“ Form zu setzen haben, woraus eine weitere Annäherung des gesuchten Verhältnisses an das von Knochenhauer gefundene resultirt. Erinnert man sich an die nur mässige Feinheit der Beobachtungen mit dem Luftthermometer überhaupt, und berücksichtigt ferner, dass bei gänzlicher Unkenntniss der Figur, welche der Schliessungsbogen beschreibt, nicht zu wissen ist, ob nicht noch wesentliche Einwirkungen von anderen Theilen des Schliessungsbogens auf die 20 bis 30 Fuss Draht, womit die Rollen verglichen wurden, stattgefunden haben, so kann man in der That nur überrascht sein, dass es möglich war, bis zu solcher Annäherung Beobachtung und Theorie in Einklang zu bringen.

Die Beobachtungen von Knochenhauer S. 453 a. a. O. sind ebenfalls vollständig conform mit der Theorie; sie zeigen, wenn auch natürlich nur mit einer Genauigkeit, wie sie der Art des Experimentes entspricht, dass man die „aequivalente Länge“ eines Drahtsystems constant findet, wenn man mit gut leitenden Zweigen eines gut leitenden Schliessungsbogens experimentirt, und die eine der entwickelten Wärmemengen an den identischen Prüfungsstellen nicht sehr klein wird gegen die andere.

Die darauf folgenden Beobachtungsreihen (Nr. 2 bis 7) mit langem und dünnem Platindrath in einem Zweige gehören in diejenige Kategorie, wo die von Knochenhauer bestimmte „aequivalente Länge“

dieses Zweiges keine physikalische Constante ist, wo sie vielmehr eine complicirte Function verschiedener Bedingungen des Experimentes bildet: — eine aus der Beobachtung abgeleitete Zahl, die zu kennen in der Regel kein weiteres Interesse hat. Dass die Veränderung dieser Zahl, welche Knochenhauer merkwürdiger Weise auch hier noch „aequivalente Länge“ nennt, obgleich er das Unzutreffende dieser Benennung eingesteht[1]), in demselben Sinne erfolgt, wie die Theorie es verlangt, geht schon aus früheren Versuchen Knochenhauer's hervor, und ist schon in meiner Abhandlung „Ueber die Theorie der Stromverzweigung etc.“ besprochen. So interessant es auch wäre, eine wirkliche Berechnung der Versuche anzustellen, um zu sehen, ob ähnliche Verschiedenheiten zwischen den Zahlen der Theorie und des Experimentes stattfinden, wie sie Kirchhoff früher für meine Beobachtungen der Oscillationsdauer gefunden hat, so muss man doch mit den von Knochenhauer gegebenen Daten darauf verzichten.

Seite 457 und 458 theilt Knochenhauer einige Versuche mit, welche aus schon angeführten Gründen (s. Anm. S. 642) nicht hierher gehören.

Seite 459 bis 460 zur Hälfte sind Versuche mitgetheilt, welche das, übrigens schon früher bestätigte Resultat der Theorie, dass die am Ende einer Entladung durch die einzelnen Zweige schliesslich entwichenen Electricitätsmengen sich umgekehrt verhalten wie die galvanischen Widerstände dieser Zweige, auf's Neue bestätigen.

Die auf Seite 460 bis 461 sowie in der Fortsetzung S. 655 bis 660 angeführten Galvanometerbeobachtungen zeigen, dass dasselbe Verhalten noch stattfindet, wenn in einem Zweige namhafte Magnetisirungen weichen Eisens durch die Entladung hervorgebracht werden; ein bemerkenswerthes Resultat des Versuchs, aber, insofern bei Entwicklung der Theorie dieser Fall ausgeschlossen wurde, nicht hierher gehörig. Ebenso wenig die auf denselben Seiten angeführten Thermometerbeobachtungen. Es folgt also auch nicht im Entferntesten daraus, dass die Theorie (wie Knochenhauer S. 660 meint) „nicht mit den durch die Versuche gegebenen Thatsachen übereinstimme.“

---

1) Seite 455 sagt Knochenhauer: „Die strenge Bedeutung von *aequivalent* lässt sich in diesem Fall überhaupt nicht feststellen, insofern sie aussagt, dass eine Drahtverbindung für einen Kupferdraht in gestreckter Form, abgesehen vom Widerstand, substituirt werden kann, ohne die ganze Art und Weise der Batterieentladung zu ändern.“

Noch weniger als die letzten Beobachtungen steht das auf S. 661 bis 664 Vorgebrachte in irgend einer Beziehung zu meiner theoretischen Untersuchung über die Stromverzweigung; nirgends findet sich in dieser Untersuchung der Fall behandelt, wo in einem Zweige eine Unterbrechung der Leitung stattfindet, nirgends der Fall, wo der Hauptbatterie eine Nebenbatterie beigeordnet ist. Es soll damit nicht gesagt sein, dass sich die mathematische Theorie der Electricität nicht auch auf diese Fälle anwenden liesse; allein die von mir aufgestellten Formeln beziehen sich nicht darauf; man darf sich daher auch nicht wundern, dass diese Formeln die durch derartige Versuche gefundenen „Thatsachen nicht ausdrücken."

Auf Seite 666 folgt die Ausführung einer Integration: dieselbe würde mich nicht befremden, wenn es sich hier um die Entwicklung der Theorie handelte, oder wenn eine Forschung gewonnen würde, die sich in besserer Weise auf die vorliegenden Versuche anwenden liesse; da aber Beides nicht der Fall ist, so darf ich auch die daran geknüpften, mir zum Theil unverständlichen Betrachtungen mit Stillschweigen übergehen.

Das, was nun bis Seite 672 folgt, ist im Wesentlichen ein Versuch, die auf S. 454 u. f. aufgeführten, mit einem dünnen Platindraht angestellten Beobachtungen mit der von mir in der mehrfach genannten Abhandlung gegebenen Formel (für die Erwärmung in den Zweigen eines Schliessungsbogens durch eine oscillatorische Batterieentladung) numerisch zu vergleichen. Dass die Versuche sich dazu nicht eignen, habe ich schon oben gesagt, doch möge es mir gestattet sein, zu zeigen, wie oberflächlich der Verfasser sich über die Schwierigkeiten hinweggeholfen hat.

Seite 667 macht er die Annahme, dass der Widerstand des Zweigsystems bei der oscillatorischen Entladung gleich

$$\frac{1}{4}\frac{(\sqrt{\vartheta_1}+\sqrt{\vartheta_2})^2}{\vartheta}\cdot(\omega_1+\omega_2)$$

gesetzt werden könnne, wo ϑ, ϑ_1, ϑ_2 die Erwärmungen an identischen Prüfungsstellen respective im Stamm und in den Zweigen I und II, ω_1 und ω_2 die galvanischen Widerstände der Zweige sind: — eine willkürliche Annahme, die durch Nichts begründet wird.

Seite 667 bis 671 [1]) macht er die ebenfalls willkürliche Annahme,

1) Dass Knochenhauer hier, wie an andern Orten, öfters einfach von Länge spricht, wenn er „äquivalente Länge" meint, gehört zu den vielen Ungenauigkeiten im Ausdruck, die seine Auseinandersetzungen nicht selten ganz unverständlich machen.

dass die electrodynamische Constante des Zweigsystems gleich der halben electrodynamischen Constante des gut leitenden Zweiges gesetzt werden könne[1]).

Auf Seite 671 bespricht er eine dritte Schwierigkeit, nämlich die Umwandlung der „äquivalenten Länge" in die electrodynamische Constante. Schon oben auf Seite 643 bis 645 habe ich ausführlich besprochen, dass für den „gestreckten Draht", durch dessen Länge die „äquivalente Länge" der gebrauchten Inductionsrollen gemessen wird, die electrodynamische Constante nicht in der Weise berechnet werden darf, als wäre er ein geradliniger Draht von unendlich kleinem Durchmesser.

Die auf Seite 454 Anm. 3 von Knochenhauer gemachte und hier auf S. 672 benutzte Angabe, dass ein 5 Fuss langer, auf eine enge Glasröhre gewickelter Kupferdraht eine seiner natürlichen gleiche „äquivalente" Länge habe, ist ungenügend, weil man von den Fehlergrenzen des Versuches, der zu diesem Schlusse geführt, keine bestimmte Vorstellung hat.

Ob die Berechnung der absoluten Widerstände des Schliessungsbogens und seiner einzelnen Theile ohne directe Vergleichung mit einem absoluten Normalwiderstande hinreichend genaue Zahlen liefern könne, will ich dahingestellt sein lassen: jedenfalls möchte ich aber hier darauf aufmerksam machen, dass bei Berechnung der Erwärmung nach $\int i^2 dt$ die fehlerhaften Werthe aus i im Allgemeinen in quadratischer Form im Resultat erscheinen.

---

1) Aus Gleichung (1) und (2), Annalen Bd. 130, S. 441 folgt:

$$w_1 i_1 + a_1 \frac{di_1}{dt} = wi + a \frac{di}{dt}$$

wo w und a respective den Widerstand und die electrodynamische Constante des Zweigsystemes (dasselbe als Ganzes genommen) bezeichnen, die übrigen Buchstaben aber die dort angegebene Bedeutuug haben. Findet eine oscillatorische Entladung statt, so kann man die in derselben Abhandlung zu findenden Werthe von $i_1, \frac{d i_1}{dt}$, i und $\frac{d i}{dt}$ als Functionen von t einsetzen und erhält eine Gleichung, welche für alle Werthe von t gelten muss. Setzen wir $t = 0$ und schreiben $A_0 + a$ statt A, wobei A_0 die electrodynamische Constante des Schliessungsbogens ohne das Zweigsystem bedeutet, so erhalten wir durch Reduction

$$a = \frac{a_1\, a_2}{a_1 + a_2}$$

als allgemein gültig für eine oscillatorische Entladung. Es bezeichnen hier, wie wohl kaum zu erwähnen nöthig, a_1 und a_2 die electrodynamischen Constanten der einzelnen Zweige.

Es erweist sich also die Ermittlung der Constanten bei dem Versuche Knochenhauer's, die Theorie mit der Erfahrung zu vergleichen, als vollkommen ungenügend; doch nicht dies allein; ich vermisse in der Abhandlung noch die Besprechung eines anderen wesentlichen Punctes. Bei Entwicklung der Formeln für die Stromstärke in jedem der beiden Zweige eines verzweigten Schliessungsbogens machte ich die Voraussetzung, dass die Inductionswirkungen der beiden Zweige auf einander, so wie auf die Stammleitung gegen die Inductionen, welche jedes einzelne Glied auf sich selbst ausübt, vernachlässigt werden könnten; dieser Voraussetzung wird in der Knochenhauer'schen Abhandlung mit keiner Silbe gedacht und auch aus der Beschreibung des Versuches ist nicht ersichtlich, ob sie erfüllt war.

Ueber Wärmemenge und Temperatur der Körper.

Von

Karl Puschl,

Capitular des Benedictiner-Stiftes Seitenstetten.

(Vom Herrn Verfasser gütigst mitgetheilt.)

Stellen wir uns einen Körper vor, in welchem sowohl die seine Masse constituirenden Atome, als auch der zwischen den Atomen vorhandene Aether in vollkommener Ruhe seien. Ein solcher Körper enthielte gar keine Wärme; er befände sich im absoluten Nullpuncte der Temperatur. Versetzen wir denselben in den freien Aether eines weiten Raumes, den von allen Seiten herkommende und überall gleich intensive Wärmestrahlen durchkreuzen, so nämlich, dass überall in diesem Raume durch die Flächeneinheit nach jeder Seite in gleichen Zeiten gleich viel Wärme geht. In den gedachten Körper dringen dann von allen Seiten her Strahlen ein; er wird erwärmt. Nehmen wir an, derselbe sei für alle einfallenden Strahlen, und für alle im gleichen Maasse, opak, so können die in ihn eindringenden Strahlen zunächst nur eine gewisse Tiefe unter dessen Oberfläche erreichen, also unmittelbar nur eine Schicht von gewisser Dicke erwärmen; die so bestrahlte Schicht gibt einen Theil der eingefangenen Wärme an die nächst tiefere, diese wieder einen Theil des Zuflusses an die folgende ab, und so fort, so dass durch den fortdauernden Zufluss von aussen endlich alle Schichten gleichmässig mit Wärme erfüllt sind; der Körper, welcher vom Beginne der Einstrahlung an einen Theil der eingefallenen Strahlen wieder zurückgab, und zwar immer mehr, je weiter seine Erwärmung fortschreitet, hat dann einen stationären Zustand erreicht, in welchem er nämlich bereits ebensoviel Wärme an den ihn umgebenden freien Aether zurückstrahlt, als er von ihm empfängt, und wobei auch im Innern desselben überall durch die Flächeneinheit in gleichen Zeiten nach jeder Seite gleich viel Wärme geht — er hat jetzt in allen seinen Theilen die Temperatur des

Raumes angenommen, in dem er sich befindet, und besitzt eine gewisse, dieser Temperatur entsprechende Wärmemenge. Jene verhältnissmässig langsame Art der Fortpflanzung und Vertheilung der eingestrahlten Wärme im opaken Körper bezeichnet man als Leitung der Wärme.

Die dem gedachten Körper nun eigene Wärmemenge ist in denselben aus dem freien Aether übertragen, also lediglich durch die ihn ergreifende Bewegung jenes feinen Stoffes erzeugt worden. Das Bewegliche in einem Körper sind aber die von einander durch Zwischenräume getrennten Atome und der in den Zwischenräumen vorhandene Aether, jedoch so, dass jene zusammen fast allein die Gesammtmasse ausmachen, von welcher auf den ausserordentlich dünnen Aether gewiss nur ein äusserst geringer Theil entfällt, und dieses grelle Massenverhästniss im Auge habend, nimmt man allgemein an, die Wärmemenge eines Körpers bestehe wesentlich in einer Bewegung seiner Atome, welche durch einfallende Aetherwellen erzeugt werden und auch selbst wieder solche Wellen erzeugen können, während die wirkliche Bewegung der im Körper enthaltenen Aethermenge von seiner ganzen Wärme höchstens nur ein unbedeutender Theil sei. Indessen, so unvermeidlich dieser Schluss bisher schien, dürfte die Sache sich in Wirklichkeit doch anders verhalten.

Denken wir uns zunächst, dass in dem oben betrachteten, im freien Aether schwebenden Körper die Atome für die einfallenden Wärmewellen unbeweglich und unveränderlich, d. h. unfähig wären, irgend etwas von der lebendigen Kraft derselben in sich aufzunehmen; dann könnte die ihm bei der schliesslich erlangten Temperatur des umgebenden Raumes inwohnende Wärmemenge nur noch in der Bewegung der kleinen, in seinem Volumen vorhandenen Aethermasse bestehen, d. i. in der durch die freien Zwischenräume in den Körper gedrungenen, in dessen Netzwerk allmälig eingefangenen und darin durch zahllose Reflexionen auf kurze Strecken hin- und hergeworfenen Strahlenmenge. Diese Wärme wäre von aussen unmittelbar nur bis zu einer gewissen Tiefe in das Atomsystem eingestrahlt, dann unter beständigen Interceptionen und Wiederausstrahlungen durch die Oberflächen der getroffenen Atome von Schicht zu Schicht fortgepflanzt und endlich in gleichmässig dichter Vertheilung im ganzen Systeme angehäuft worden, nach einem ähnlichen Gesetze und in ähnlich langsamer Weise, wie die Wärmeleitung in einem wirklichen Körper vor

sich geht, sie wäre nichts anderes, als **die durch blosse innere Strahlung geleitete Wärme** eines Körpers mit unbewegten Atomen, während die Leitung der Wärme in den wirklichen Körpern nicht allein durch innere Strahlung, sondern zugleich durch eine ähnliche successive Uebertragung und Vertheilung der lebendigen Kraft der Atombewegung erfolgen kann.

Das Gleichgewicht der Temperatur zwischen dem gedachten Körper und dem umgebenden Raume ist hergestellt, sobald jener fortdauernd eben so viel Wärme aus dem äusseren Aether aufnimmt, als er in gleicher Zeit durch Ausstrahlung an diesen abgibt. Es muss dann also die in der Zeit 1 durch eine Fläche = 1 in den Körper eintretende Strahlenmenge der durch die nämliche Fläche in derselben Zeit austretenden gleich sein. Bezeichnen wir die im freien Aether vermöge der ihn allseitig durchkreuzenden Strahlen herrschende totale Strahlendichte mit i, so dringt durch die Einheit der Oberfläche des getroffenen Körpers in einer Secunde mit der Geschwindigkeit $\varkappa$ eine gewisse mit $\varkappa i$ proportionale Strahlenmenge

$$= \beta \varkappa i$$

in denselben ein. Eine gleiche Strahlenmenge muss an der Eintrittsfläche jenes äusseren Wärmestromes den Körper verlassen und die so abfliessende Wärme immer wieder durch die ihr in gleicher Richtung nachfolgende ersetzt werden; aber dieser innere, wegen zahlloser Reflexionen sich auf unendlich vervielfachten Umwegen durch das Netzwerk der Atome drängende Wärmestrom rückt durchschnittlich nur mit einer gewissen Langsamkeit vor[1]) und er muss daher, um gleichzeitig eben so viel Wärme aus dem Innern an die Grenze zu führen, durch die Intensität seiner Strahlen ersetzen, was ihm an Geschwindigkeit abgeht. Nennen wir die in den leeren Zwischenräumen des Körpers herrschende Strahlendichte J und die Geschwindigkeit der Wärme-

1) Ein anfänglich wärmeloser, in einer für Wärme undurchdringlichen Röhre enthaltener Körper mit unbeweglichen Atomen würde, an einem Ende der Röhre bestrahlt, nach einiger Zeit am andern Ende Wärmestrahlen aussenden, zuerst nur wenige, aber allmälig mehr, und zuletzt würde ein constanter Wärmestrom austreten. Die dort hervorkommenden Strahlen hätten den Körper seiner Länge nach durchwandert, aber wegen ihres unendlich verwickelten Weges eine beträchtliche Zeit dazu gebraucht und wären daher in der allgemeinen Stromrichtung mit einer verhältnissmässig geringen Geschwindigkeit fortgeschritten. Aehnlich muss ein allseitig bestrahlter Körper in jeder Richtung von einem sich langsam fortbewegenden Wärmestrom durchflossen sein.



leitung durch innere Strahlung l, so liefert der innere Wärmestrom an der Einheit der Oberfläche, wenn wir für den Austritt der Strahlen dieselben Bedingungen annehmen, wie für den Eintritt, in der Secunde eine gewisse Strahlenmenge

$$=\beta lJ$$

an den äusseren Aether ab; es wird daher im Zustande des thermischen Gleichgewichts zwischen dem Körper und dem äusseren Raume $\beta lJ = \beta \varkappa i$, also auch

$$lJ = \varkappa i \tag{1}$$

und die Intensität oder Dichte der inneren Strahlung

$$J = \frac{\varkappa i}{l}$$

sein. Bedenkt man nun, wie ausserordentlich gering die Geschwindigkeit der Wärmeleitung durch innere Strahlung im Vergleiche mit der Geschwindigkeit der Strahlen im freien Aether jedenfalls ist und wie sehr verdichtet daher die innere Strahlung im Vergleiche mit der äusseren Einstrahlung sein muss, dann kann man es bei aller annehmbaren Dünnheit des Aethers nicht mehr für so wahrscheinlich halten, dass die in den Körpern durch innere Strahlung in den leeren Zwischenräumen angesammelte Wärme oder lebendige Kraft der in denselben enthaltenen Aethermasse im Vergleiche mit der lebendigen Kraft ihrer Atombewegung zu vernachlässigen sei; oder dass sie von der ganzen Wärmemenge der Körper nur einen unbedeutenden Theil betrage.

In dem gedachten Körper wäre die Ansammlung und Verdichtung einer gewissen, von aussen eingetretenen Strahlenmenge ganz allein[1]) durch die Menge der kleinen, in jedem Raumtheilchen desselben statt-

1) Hätte der Aether in den Atomintervallen, wie man gewöhnlich annimmt, eine andere Dichte oder Elasticität, als der Aether des Weltraums, so würde dies ebenfalls von Einfluss auf die Ansammlung der Wärme in den Körpern sein. Jene Annahme beruht aber nur auf der Verminderung der Geschwindigkeit des Lichtes in undurchsichtigen Körpern, welche sich ohnehin besser dadurch erklärt, dass in solchen Körpern nicht blos der Aether, sondern auch die Körpersubstanz selbst durchsichtig ist, d. h. an der Fortpflanzung des Lichtes theilnimmt, und dass dasselbe in letzterer, in den Zwischenräumen aber gar nicht verzögert wird. Der Betrag der Mitbewegung des Lichtes in bewegten Mitteln (vergl. meine Schrift „das Strahlungsvermögen der Atome" S. 11—15) scheint mir noch besonders für diese Ansicht zu sprechen.



findenden Reflexionen an den Atomoberflächen erzeugt worden. Es scheint mir daher gerechtfertigt, diese Wirkung einfach der sie bedingenden Ursache, nämlich die Anhäufung von Strahlen der Anhäufung von Atomoberflächen — die Strahlenverdichtung der Flächendichte in der bezüglichen Aethermasse proportional zu setzen. Bedeutet also f die Summe der im Körper vorhandenen reflectirenden Atomflächen, v sein Volumen und σ den mit Atomsubstanz erfüllten Raum, daher $v-\sigma$ das Volumen des die Zwischenräume erfüllenden Aethers und $\frac{f}{v-\sigma}$ die Flächensumme für die Volumseinheit desselben oder die bezügliche Flächendichte, so wird man, weil das Verhältniss

$$\frac{J-i}{i}$$

das Maass der Verdichtung ist, welche die äussere Strahlung im Körper erfahren hat, dem Gesagten gemäss annehmen dürfen:

$$\frac{J-i}{i}=\frac{Cf}{v-\sigma},$$

wo C eine gewisse, vom angewandten Längenmaasse abhängige Constante ist. Demnach herrscht im Körper die Strahlendichte

$$J=\left(\frac{Cf}{v-\sigma}+1\right)i \tag{2}$$

oder, da nach dem vorigen $\frac{J}{i}=\frac{\varkappa}{l}$ in allen Körpern eine so ungeheuer grosse Zahl ist, dass die Einheit dagegen ganz verschwindet, ohne merklichen Verlust an Genauigkeit

$$J=\frac{Cfi}{v-\sigma}. \tag{3}$$

Für die Geschwindigkeit der Wärmeleitung durch blosse innere Strahlung folgt dann aus 2):

$$l=\frac{\varkappa}{\frac{Cf}{v-\sigma}+1},$$

wonach l bei unendlicher Verdünnung des Körpers sich ohne Ende dem Werthe von $\varkappa$, d. h. der Geschwindigkeit des Lichtes im Aether, nähert; in allen Fällen gewöhnlicher Körperdichte ist mit hinreichender Genauigkeit nach 3):

$$l=\frac{(v-\sigma)\varkappa}{Cf}.$$

Da die Summe der Zwischenräume des gedachten Körpers $=v-\sigma$ ist und in diesen überall die Strahlendichte J herrscht, so enthält der-

selbe die Strahlenmenge $J(v-\sigma)$; dies ist also, weil wir seine Atome als unbewegt annehmen, schon alle dem Körper inwohnende Wärme. Nennen wir die im gewöhnlichen Wärmemaass ausgedrückte Menge derselben w und das Kraftäquivalent der entsprechenden Wärmeeinheit A, so ist Aw ein anderer Ausdruck für jene Strahlenmenge, und wir haben daher die Gleichung

$$(4) \qquad Aw = J(v-\sigma)$$

oder mit dem aus 3) folgenden Werthe von J

$$(5) \qquad Aw = Cfi.$$

Die Temperatur des Körpers bei dieser verschluckten Wärmemenge ist die Temperatur des ihn umgebenden, blos mit Aether erfüllten Raumes; diese kann aber durch nichts anderes bestimmt sein, als durch die Intensität der denselben allseitig durchkreuzenden Strahlen, also durch die in ihm herrschende Strahlendichte i. Nennen wir die entsprechende Temperatur, vom absoluten Nullpuncte gezählt, t, so haben wir demnach

$$(6) \qquad i = \lambda t,$$

wo λ eine vom angewandten Temperaturmaasse abhängige Constante ist. Hiermit ergibt sich, wenn wir Kürze halber den constanten Werth

$$(7) \qquad C\lambda = B$$

setzen für die im gedachten Körper enthaltene Wärmemenge w die Bezeichnung

$$(8) \qquad Aw = Bft.$$

Diese Formel sagt: Die Wärmemenge eines Systems unbewegter Atome ist proportional der Summe der Oberflächen derselben und proportional der absoluten Temperatur.

Wenn wir den angenommenen Körper die Gewichtseinheit enthalten lassen, dann bedeutet w die Wärmemenge und f die Flächensumme der Gewichtseinheit und $\frac{Bf}{A}$ ist jene Wärmemenge, welche die Temperatur der Gewichtseinheit von $t = \Theta$ auf $t = 1$ bringt, d. h. die specifische Wärme des Körpers. Nennen wir diese c, so haben wir demnach

$$(9) \qquad Ac = Bf;$$

d. h. **die specifische Wärme eines Systems unbewegter Atome ist der Flächensumme der Atome der Gewichtseinheit desselben proportional.**

Die Gleichung 8) gibt dann als Ausdruck der Wärmemenge bei der Gewichtseinheit der Temperatur t

$$w = ct. \tag{10}$$

Wir hielten bisher die Voraussetzuug fest, dass die Atome des gedachten Körpers durch die aus dem äusseren Aether in ihn eingedrungenen Wärmestrahlen weder bewegt noch verändert werden. Diese Beschränkung heben wir jetzt in so weit auf, als wir annehmen, die Atome seien sowohl als Ganze, als auch mit ihren Theilen um Lagen eines stabilen Gleichgewichts beweglich; hingegen bleibende Veränderungen entweder der mittleren Distanzen oder der Structur der Atome lassen wir immer noch ausgeschlossen. Der angenommene Körper soll also ein constantes Volumen behalten und seine Atome sollen ihrer Grösse und inneren Beschaffenheit nach beständig dieselben sein.

Sobald als im gedachten Körper die zwischen den Atomen hin- und herfliegenden Strahlen diese ihre Angriffsorte selbst in Bewegung setzen, verlieren sie an lebendiger Kraft so viel, als zur Erzeugung des entstehenden Bewegungszustandes der Atome verbraucht wird; mit der im Körper herrschenden Aetherbewegung nimmt zugleich seine Ausstrahlung in den äusseren Aether ab und hält also der constanten äusseren Einstrahlung nicht mehr das Gleichgewicht — seine Temperatur ist erniedrigt. Derselbe nimmt jetzt neuerdings mehr Wärme auf, als er abgibt, und zwar so lange, bis seine Atome jenen Bewegungszustand vollständig angenommen haben, welcher der Intensität der zwischen ihnen durch die constante äussere Einstrahlung unterhaltenen Aetherbewegung und somit der herrschenden Temperatur entspricht. Der Körper enthält also schliesslich nach Wiederherstellung des Gleichgewichts von Ein-und Ausstrahlung um die zur Atombewegung verwendete Wärme mehr, als er früher bei gleicher Temperatur mit unbewegten Atomen erhalten hatte. Es sei dieser auf die Temperatur des Körpers nicht influirende Ueberschuss an aufgenommener Wärme $= e$, so ist jetzt die ganze dem Körper bei der Temperatur t inwohnende Wärmemenge

$$w = ct + e, \tag{11}$$

welche derselbe durch Erkaltung bis zum absoluten Nullpuncte der Temperatur, ohne sein Volumen oder die Beschaffenheit seiner Atome zu ändern, auch wieder ausstrahlen könnte.

Indem nun die Atome und ihre beweglichen Theile, im angenommenen Falle durch den zuerst erregten Aether gestört, um Gleichgewichtslagen oscilliren, besitzt jedes derselben eine seinem actuellen Schwingungszustande entsprechende lebendige Kraft, für deren wechselnde Grösse es einen gewissen Mittelwerth gibt, und das ganze System enthält damit eine lebendige Kraft, welche die Summe aller den Atomen gleichzeitig inwohnenden lebendigen Kräfte oder ihrer anstatt derselben anzunehmenden Mittelwerthe ist. Bedeutet m die Masse und u^2 das mittlere Geschwindigkeitsquadrat eines Atoms, so ist $\frac{mu^2}{2}$ die mittlere lebendige Kraft eines solchen und daher, wenn der Körper aus n gleichen Atomen besteht, die entsprechende Summe lebendiger Kräfte desselben

$$= \frac{nmu^2}{2},$$

welche in unserem Falle durch aufgenommene Wärmestrahlen erzeugt wäre.

Diese Kraftmenge macht jedoch nicht die ganze zur Herstellung des Bewegungszustandes der Atome verwendete Kraft aus. Denn seine mittlere lebendige Kraft besitzt ein schwingendes Atom bei einer gewissen mittleren Verschiebung aus der Lage des Gleichgewichts; in dieser Verschiebung befindlich würde es, der ihm hier inwohnenden Geschwindigkeit beraubt, nicht etwa in Ruhe bleiben, sondern seine Gleichgewichtslage zu gewinnen suchen, und in derselben ankommend, müsste es eben jene mittlere Geschwindigkeit, die ihm zuvor bei der entsprechenden Verschiebung genommen wurde, wieder erlangt haben; oder umgekehrt, die blosse Erzeugung der mittleren Verschiebung eines Atoms erfordert einen Aufwand an lebendiger Kraft, welcher ebenso gross ist, als die ihm bei jener Verschiebung wirklich noch inwohnende lebendige Kraft.

Um also die sämmtlichen Atome des gedachten Körpers in ihre einem gewissen Mittelwerthe entsprechenden Verschiebungen zu bringen und sie überdies mit der ihnen bei diesen Verschiebungen eigenen lebendigen Kraftsumme $= \frac{nmu^2}{2}$ zu versehen, musste ein Strahlenquantum vom doppelten Betrage der letzteren, nämlich



$$= nmu^2,$$

~~rden, und folglich ist, da e die zur Herstellung jenes ~~ngszustandes aufgenommene Wärmemenge bedeutet,

$$e = \frac{nmu^2}{A} = \frac{u^2}{gA},$$

(unter g die Beschleunigung der Schwere ver- ~~nmg des angenommenen Körpers $= 1$ ist. ~~ 11) für die Gesammtwärme jenes Körpers geht ~~in

$$w = ct + \frac{nmu^2}{A} = ct + \frac{u^2}{Ag},$$

~~obei u immer die mittlere Geschwindigkeit der bewegten Atome bedeutet.

Nach dem Gesagten umfasst die in einem Körper wirklich vorhandene Wärme: 1. die ganz in Aetherbewegung bestehende Wärmemenge, welche er bei der herrschenden Temperatur auch im Falle unbewegter Atome, als zwischen denselben durch Reflexion hin- und hergeworfene Strahlenmenge, enthalten würde — diese die Temperatur des Körpers bestimmende Wärme nenne ich seine Temperaturwärme; 2. eine gewisse, seine Temperatur nicht alterirende Wärmemenge, welche der Körper vermöge des der Temperatur entsprechenden Bewegungszustandes enthält und die derselbe durch das blosse Aufhören jenes Bewegungszustandes bei constant erhaltenem Volumen, wenn es physisch möglich wäre, entlassen würde. Diese nenne ich seine Bewegungswärme[1]); sie besteht zur Hälfte aus den den Atomen in einem gegebenen Augenblicke wirklich eigenen lebendigen Kräften und zur andern Hälfte aus den durch ihre gleichzeitigen Verschiebungen bedingten, in solche Kräfte verwandelbaren Spannkräften[2]).

---

1) Ein Körper im absoluten Nullpuncte der Temperatur wäre nach unserer Hypothese nicht nothwendig ohne innere Bewegung, aber jedenfalls ohne Wärmestrahlung; eine etwa anderswie in Gang erhaltene Atombewegung könnte er dann immerhin noch besitzen. Ganz allgemein ist daher unter Bewegungswärme eines Körpers nicht alle in ihm möglicher Weise vorhandene Atombewegung, sondern solche nur in so weit, als sie durch die zwischen den Atomen hin- und hergeworfenen Wärmestrahlen bedingt ist und folglich bei der absoluten Nulltemperatur verschwinden würde, zu verstehen.

2) Mit der hier gegebenen Entwicklung der Begriffe von Temperaturwärme und Bewegungswärme berichtige ich das Entsprechende in dem schon erwähnten „Strahlungsvermögen der Atome“.

Wärmezustand der Gase.

Nach einer von mir aufgestellten Hypothese beruht der gasförmige Zustand der Körper wesentlich auf der Wechselwirkung ihrer Atome durch die zwischen ihnen hin- und hergeworfenen Wärmestrahlen. Ein Licht- oder Wärmestrahl übt vermöge der in seiner Richtung herrschenden Aetherspannung auf ein opakes und also einseitig getroffenes Atom einen Zug aus, dessen Intensität dem Quadrate der Geschwindigkeit der entsprechenden Aetherschwingungen proportional und eben die Intensität des Strahles selbst ist; als Aussender von Wärmestrahlen, für die sie opak sind, üben daher die Atome der Gase gegenseitig anziehende Kräfte aus. Indem aber jedes Atom nur ausstrahlt, was es von seiner Umgebung empfängt und wieder zurückwirft, verhalten sich je zwei einander nahe gestellte Atome inmitten der übrigen wie zwei undurchsichtige, von aussen her beleuchtete Körper, d. h. sie sind auf ihren inneren oder einander zugewendeten Seiten schwächer als auf ihren Aussenseiten bestrahlt, und da nach dem Gesagten jedes Atom überwiegend nach der Seite gezogen wird, woher es am stärksten bestrahlt ist, so werden je zwei einander genäherte Atome durch die überwiegende Anziehung der sie umgebenden Atome immer wieder auseinander getrieben, so als wenn dieselben gegenseitig eine Abstossung ausübten. Durch ihre Opacität also bedingen die Atome stets eine solche Vertheilung der zwischen ihnen hin- und hergeworfenen Strahlen und somit der entsprechenden Anziehungskräfte, dass sie vermöge der in jedem Augenblicke vorhandenen resultirenden Kräfte sich fliehen, die grösstmöglichen gegenseitigen Abstände suchen und so in dem ganzen erfüllbaren Raume sich in einer durchschnittlich gleichmässigen Vertheilung erhalten, obwohl die gegenseitigen Annäherungen möglicher Weise sehr weit gehen und selbst Zusammenstösse vorkommen können. In einem vollkommenen Gase sind die von den Atomen einander zugesendeten Strahlen die einzigen gegenseitig ausgeübten und die durch ihre momentanen Stellungen bedingten, an ihnen vorkommenden Bestrahlungsdifferenzen die einzigen, sie gegenseitig wirklich bewegenden Kräfte.

Versetzen wir die sämmtlichen Atome eines vollkommenen Gases, ohne ihnen eine Geschwindigkeit mitzutheilen, in ihre mittleren, d. h. in diejenigen Lagen, wo jedes derselben auf allen Seiten gleich stark

bestrahlt wäre, so würden die entsprechenden, auf die Atome ausgeübten Kräfte einander vollkommen selbst aufheben, d. h. keine die Atome gegenseitig bewegenden Resultanten geben; die Atome würden also, eine sich genau gleichbleibende Strahlenvertheilung vorausgesetzt, keine Tendenz zu irgend einer Veränderung und ihrer gegenseitigen Distanzen haben und folglich wäre in diesem gedachten Zustande der Druck des Gases gleich Null. Sehen wir noch von möglichen Bewegungen der Theile der Atome ab, d. h. denken wir uns die Atome selbst als nahezu unveränderlich, so würde dann die ganze im Systeme enthaltene Wärme blos in der seiner Temperatur entsprechenden Aetherbewegung, also in seiner Temperaturwärme ct bestehen. Verschieben wir aber jetzt die Atome durchschnittlich gegen einander, so treten augenblicklich Bestrahlungsdifferenzen an denselben und in deren Folge den Verschiebungen entgegenwirkende Kräfte — also Widerstände auf, welche bei gleichmässiger Vertheilung der erzeugten Verschiebungen als ein allseitig gleich starker Druck erscheinen, und wenn wir die Verschiebungen etwa dadurch hervorbringen, dass wir auf alle n-Atome, jedes von der Masse m, von ihren mittleren Lagen aus gleichmässig nach allen Richtungen eine gewisse Geschwindigkeit $= u_1$ übertragen, so ist $\frac{nmu_1^2}{2}$ die zur Erzeugung jenes allseitigen Druckes aufgewendete Kraftsumme; hat derselbe aber im ganzen Gasvolumen v durchschnittlich die Intensität p, d. h. wird jede im Raume v angenommene Flächeneinheit durch die genannte Kraftsumme mit der Kraft p afficirt, so ist ihr entsprechender Ausdruck das Product pv und es muss daher

$$pv = \frac{nmu_1^2}{2}$$

sein. Die den Atomen ursprünglich beigebrachte lebendige Kraftsumme ist das Doppelte derjenigen, welche sie im Fortgange ihrer Bewegung unter dem Einflusse der ihren Verschiebungen widerstehenden Kräfte durchschnittlich besitzen; nennen wir, wie früher, die entsprechende mittlere Geschwindigkeit u, so ist demnach

$$u_1^2 = 2u^2$$

und wir haben

$$pv = nmu^2 = \frac{u^2}{g}, \tag{14}$$

das Gewicht nmg der ganzen Masse wieder gleich 1 genommen. Das

Gas enthält also jetzt, ausser der schon bei unbewegten Atomen darin vorhandenen Temperaturwärme ct, noch die Bewegungswärme

$$e = \frac{nmu^2}{A} = \frac{pv}{A} \tag{15}$$

und es ist hiernach die ganze, bei der Temperatur t und dem Drucke p demselben inwohnende Wärmemenge

$$w = ct + \frac{pv}{A}. \tag{16}$$

Wir haben dabei vorausgesetzt, dass die Bewegungen der Atome nur unter dem Einflusse ihrer gegenseitigen Bestrahlung geschehen und dass im Vergleiche mit den Bewegungen der Atome als Ganze die möglichen Bewegungen ihrer Theile von keinem merklichen Belange seien. Die einzigen, in einem solchen Systeme vorhandenen Bewegungskräfte sind die an den Atomen vorkommenden, durch ihre Verschiebungen bedingten Bestrahlungsdifferenzen, d. h. die den Verschiebungen der Atome aus ihren mittleren Lagen widerstehenden und sie in solche wieder zurückführenden Kräfte sind stets nur jene Ueberschüsse an Bestrahlung, die sie auf den ihren mittleren Lagen zugewendeten Seiten empfangen; was ein aus einer mittleren Lage fortbewegtes Atom an Geschwindigkeit oder lebendiger Kraft verliert, kann daher nur auf Erzeugung einer entsprechenden Strahlenmenge verbraucht werden, wie umgekehrt der Zuwachs an lebendiger Kraft eines in eine mittlere Lage zurückkehrenden Atoms aus den es bewegenden Strahlen geschöpft wird, und während also die Summe der den Atomen in einem gegebenen Augenblicke wirklich eigenen lebendigen Kräfte die eine Hälfte der ganzen Bewegungswärme e, nämlich

$$\frac{e}{2} = \frac{nmu^2}{2A} = \frac{pv}{2A}$$

ist, kann die andere Hälfte nur als eine in lebendige Kräfte der Atome verwandelbare Strahlenmenge vorhanden sein. Hieraus folgt, dass ein vollkommenes Gas bei der Temperatur t und dem Drucke p an Aetherbewegung im Ganzen die Wärmemenge

$$ct + \frac{pv}{2A}$$

enthält, während die lebendige Kraft seiner Atome den Rest seiner Gesammtwärme, nämlich die Wärmemenge

$$\frac{pv}{2A}$$

ausmacht, d. h. **die lebendige Kraft des Aethers in einem vollkommenen Gase ist jedenfalls** (und zwar um das Aequivalent der Temperaturwärme ct) **grösser als die lebendige Kraft der Atome des Gases.**

Die specifische Temperaturwärme c eines Gases (seine wahre specifische Wärme) kann mit Hilfe der Gleichung 16) aus der experimentellen specifischen Wärme berechnet werden.

Bedeutet nämlich s_1 die specifische Wärme desselben bei constantem Volumen, so ist nach der genannten Formel

$$s_1 = \frac{dw}{dt} = c + \frac{v}{A}\frac{dp}{dt}. \tag{17}$$

Erwärmt man aber das Gas bei constantem Drucke und ist die dem Temperaturzuwachse dt entsprechende Volumänderung dv, so muss es dabei eine Arbeit $= pdv$ leisten und somit um die äquivalente Wärmemenge $= \frac{pdv}{A}$ mehr aufnehmen, als bei constantem Volumen; demnach ist die specifische Wärme bei constantem Drucke

$$s = s_1 + \frac{p}{A}\frac{dv}{dt}. \tag{18}$$

Folgt das betreffende vollkommene Gas dem **Mariotte-** und **Gay-Lussac**'schen Gesetze[1]), so ist

$$v\frac{dp}{dt} = p\frac{dv}{dt} \tag{19}$$

und somit den Formeln 17) und 18) zufolge die specifische Temperaturwärme

$$c = s - \frac{2v}{A}\frac{dp}{dt} = c - \frac{2p}{A}\frac{dv}{dt}. \tag{20}$$

Aus denselben zwei Formeln ergibt sich die Relation:

$$s - s_1 = s_1 - c; \tag{21}$$

d. h. **der Ueberschuss der specifischen Wärme bei constantem Drucke über diejenige bei constantem Volumen ist gleich dem Ueberschusse der letzteren über die wahre specifische Wärme.**

---

1) Die Bedingung des vollkommenen Gaszustandes schliesst nach der obigen Hypothese nicht nothwendig die Giltigkeit des **Mariotte-** und **Gay-Lussac**'schen Gesetzes in sich.

Für jene Gase, wo das Verhältniss der specifischen Wärme bei constantem Drucke zu derjenigen bei constantem Volumen (etwa aus der bezüglichen Schallgeschwindigkeit) bekannt ist, lassen sich daraus ohne weiteres die relativen Beträge ihrer Temperaturwärme und ihrer Bewegungswärme erhalten. Setzt man nämlich Kürze halber das Verhältniss

$$\frac{pv}{Aw} = \mu,$$

so ist im Falle der Giltigkeit des Mariotte- und Gay-Lussac'schen Gesetzes, indem dann $\frac{pv}{Aw}$ der Formel 16) gemäss constant sein muss:

$$\frac{p}{A}\frac{dv}{dt} = \mu\frac{dw}{dt},$$

folglich, da $\frac{dw}{dt}$ die specifische Wärme bei constantem Volumen $= s_1$ ist, diejenige bei constantem Drucke

$$s = s_1 + \mu s_1 = (1 + \mu)s_1$$

und man hat also:

$$(22) \qquad \frac{pv}{Aw} = \mu = \frac{s}{s_1} - 1.$$

Für die atmosphärische Luft und einige andere Gase (Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff) ist sehr nahe

$$\frac{s}{s_1} = 1{,}40$$

und daher

$$\frac{pv}{Aw} = \frac{2}{5};$$

es ist also in der Luft (und in jenen anderen Gasen) die Bewegungswärme

$$\frac{pv}{A} = \frac{2w}{5}$$

und die Temperaturwärme nach (16)

$$ct = \frac{3w}{5}$$

d. h. die Temperaturwärme der Luft macht drei Fünftel und die Bewegungswärme derselben zwei Fünftel ihrer Gesammtwärme aus.

Da in vollkommenen Gasen ausser der Temperaturwärme noch

die Hälfte der Bewegungswärme in lebendiger Kraft des Aethers besteht, so enthält die Luft an Aetherbewegung im Ganzen die Wärmemenge

$$ct + \frac{pv}{2A} = \frac{4w}{5}$$

und an lebendiger Kraft der Atome

$$\frac{pv}{2A} = \frac{w}{5}$$

d. h. die lebendige Kraft des Aethers in der Luft macht vier Fünftel und die lebendige Kraft ihrer Atome ein Fünftel ihrer Gesammtwärme aus.

Trotz der unbestimmbaren Kleinheit der in einem gegebenen Luftvolumen vorhandenen Aethermasse beträgt also ihre lebendige Kraft doch das Vierfache der lebendigen Kraft der im selben Volumen vorhandenen Luftatome. Man muss daraus auf eine ausserordentlich heftige Bewegung des Aethers in den Gasen und, weil die Intensität der inneren Strahlung durch Verdichtung zunimmt, auf eine noch weit heftigere Bewegung desselben in festen oder flüssigen Körpern schliessen.

Von der in einem vollkommenen Gase als Aetherbewegung oder Strahlenmenge enthaltenen Wärme

$$= ct + \frac{pv}{2A}$$

entspricht $\frac{pv}{2A} = \frac{\mu w}{2}$ der daraus resultirenden oder die Atome wirklich bewegenden, $ct = (1 - \mu) w$ der an den Atomen sich selbst aufhebenden Kraftmenge und

$$\frac{pv}{2A} : \left(ct + \frac{pv}{2A}\right) = \mu : (2 - \mu)$$

drückt das Verhältniss der resultirenden Bewegungskräfte zur Summe ihrer Componenten sowohl im Ganzen wie nach jeder beliebigen Richtung im Gase aus. Es sei nun $\iota - \iota'$ der durchschnittliche Unterschied der Bestrahlungen je zweier entgegengesetzten Seiten eines Atoms, unter ι jedesmal die stärkere Bestrahlung verstanden, so bedeutet $(\iota - \iota') : (\iota + \iota')$ zugleich das Verhältniss der ein Atom durchschnittlich in einer bestimmten Richtung bewegenden Resultante zur Summe ihrer Componenten, und da für alle Atome das gleiche gilt, hat man demnach

$$\frac{\iota - \iota'}{\iota + \iota'} = \frac{\mu}{2 - \mu}.$$

Für die atmosphärische Luft und die anderen Gase, wo $\mu = \frac{2}{5}$ ist, folgt hieraus

$$\frac{\iota - \iota'}{\iota + \iota'} = \frac{1}{4} \text{ und } \frac{\iota'}{\iota} = \frac{3}{5},$$

d. h. der mittlere Unterschied der entgegengesetzten Bestrahlungen eines Atoms beträgt ein Viertel ihrer Summe und es verhalten sich die Bestrahlungen je zweier entgegengesetzten Seiten eines Atoms im Mittel wie 3 : 5. Die diese Ungleichheit der Bestrahlung bedingenden gegenseitigen Annäherungen der Atome müssen also sehr bedeutend sein [1]).

Zusammenhang der Volume, Aequivalentgewichte und specifischen Wärmen der Gase.

Aus der Gleichung (16) ergibt sich, wenn man darin $\frac{pv}{Aw} = \mu$ setzt:

$$(23) \qquad \frac{pv}{t} = \frac{\mu}{1-\mu} \cdot Ac$$

und geht man auf die Bedeutung von c nach der Formel

$$(9) \qquad Ac = Bf$$

zurück, wo B eine Constante und f die Summe der Oberflächen der Atome der Gewichtseinheit ist, so folgt

$$(24) \qquad \frac{pv}{t} = \frac{\mu}{1-\mu} Bf.$$

Beschränken wir uns auf die Vergleichung der Gase mit dem Werthe des Verhältnisses $\frac{s}{s_1} = 1{,}40$ oder $\mu = \frac{2}{5}$, so ist

$$\frac{pv}{t} = \frac{2\,Ac}{3} = \frac{2\,Bf}{3};$$

das Volumen v der Gewichtseinheit kann dann bei gleichbleibender Temperatur und Spannung nur noch mit der Flächensumme f wechseln

---

1) Nach Obigem gelten die in meiner erwähnten Schrift (S. 148 u. w.) enthaltenen Schlüsse über die Veränderlichkeit der Function μ zwischen den äussersten Grenzen des Bestandes vollkommener Gase richtiger von der Function $\frac{\mu}{2-\mu}$, deren Gang aber ohnehin mit dem von μ und von $\frac{\mu}{1-\mu}$ übereinstimmt, so dass die dort gezogenen, die gegenseitige Abhängigkeit von Druck, Volumen und Temperatur betreffenden Folgerungen unverändert stehen bleiben.

und es sind die Volume gleicher Gasgewichte bei derselben Temperatur und Spannung den Flächensummen der darin enthaltenen Atome proportional. Wenn also die Volume gleicher Gewichte von Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff unter gleichen Umständen sich wie $1 : \frac{1}{14} : \frac{1}{16}$ verhalten, so bedeutet dies nach unserer Hypothese, dass die Summe der Atomflächen im Stickstoff nur $\frac{1}{14}$ und im Sauerstoff $\frac{1}{16}$ von demjenigen einer gleichen Gewichtsmenge Wasserstoff ist.

Nehmen wir von diesen Gasen solche Gewichtsmengen, welche gleich viel Atomoberflächen enthalten, so sind die entsprechenden Volume einander gleich. Andererseits sind gleiche Volume verschiedener Gase chemisch äquivalent; wir müssen daher schliessen: die chemischen Aequivalentgewichte der Gase sind Gewichtsmengen mit gleich viel Atomoberfläche. Gleiche Gasvolume enthalten also nicht gleich viel Atome, sondern gleich viel wirksame Fläche, und die chemischen Aequivalentgewichte sind keine relativen Atomgewichte, sondern Atommengen von gleicher Flächenentwicklung.

Die Gleichung (24) führt noch zu einer andern höchst merkwürdigen Folgerung. Es erscheint nämlich von vorn herein als sehr annehmbar, dass die Atome eines und desselben Stoffes sowohl sich zu grösseren Atomen miteinander verbinden, als auch umgekehrt wieder in kleinere Atome zerfallen können; geschieht dieses nun in einem gasförmigen Stoffe, so muss nach dem Gesagten das Volumen desselben unter sonst gleichbleibenden Bedingungen in dem einen Falle mit der verminderten Oberflächensumme der Atome abnehmen und im anderen Falle mit der vergrösserten Oberflächensumme wachsen. Wenn die vorkommenden Zusammenlagerungen und Spaltungen nicht chaotisch und regellos stattfinden, sondern irgend ein Gesetz befolgen, wird sich dieses nothwendig in einer gewissen dadurch bedingten Gesetzmässigkeit der entsprechenden Volumverhältnisse abspiegeln. Es ist nun gewiss die einfachste mögliche Annahme, dass die unter sich gleichen Atome eines Stoffes bei einer vorkommenden Zusammenlagerung nicht nach einer einzigen oder nach zwei Dimensionen (stangen- oder plattenförmig), sondern nach allen drei Dimensionen zugleich und zwar nach allen gleichmässig wachsen, so dass auch schliesslich wieder alle Atome unter sich gleich und nur an Grösse

gewachsen, an Gestalt aber unverändert geblieben sind. Gesetzt also, die Atome irgend eines Stoffes wären Würfel, so können durch Zusammenlagerung derselben nur grössere Würfel entstehen, und umgekehrt werden so zusammengesetzte Atome nur in kleinere Würfel zerfallen können.

Behalten wir diese Vorstellung und es sei die Anzahl der ursprünglichen Atome in der Gewichtseinheit des gedachten Stoffes n, die Oberfläche eines Atoms ε und also die Flächensumme der Gewichtseinheit

$$f = n\varepsilon.$$

Legen wir nun eine gehörige Anzahl dieser würfelförmigen Atome unmittelbar mit ihren Oberflächen so aneinander, dass sie ein vergrössertes würfelförmiges Atom bilden; die Seite des letzteren wird dann nothwendig ein ganzes Multiplum der Seite eines elementaren Würfels sein. Auf solche Weise bilden wir aus allen vorhandenen Atomen unter sich gleiche grössere Atome. Es verhalte sich die Seite eines neuen Atoms zur Seite eines elementaren wie $k:1$ (wo k nothwendig eine ganze Zahl ist), so besteht jedes aus k^3 Elementaratomen; die Anzahl der nun vorhandenen grösseren Atome ist daher $= \frac{n}{k^3}$, wovon jedes eine im Verhältniss von $k:1$ grössere Oberfläche als ein Elementaratom, d. h. eine Oberfläche $= k^2\varepsilon$ hat. Die Gewichtseinheit enthält also jetzt die Flächensumme

$$\frac{n}{k^3} \cdot k^2\varepsilon = \frac{n\varepsilon}{k} = \frac{f}{k};$$

d. h. die Flächensumme der Atome ist durch deren Zusammenlagerung in dem jedenfalls einfachen Verhältnisse $k:1$ kleiner geworden, und wenn der gedachte Stoff sowohl in dem früheren als im neuen Zustande gasförmig ist, wird jetzt unter sonst gleichbleibenden Bedingungen auch sein Volumen im Verhältnisse $k:1$ kleiner, hingegen sein Aequivalentgewicht (die Gewichtsmenge mit gleich viel Atomoberfläche) im Verhältnisse $1:k$ grösser sein als zuvor. Wenn also die Atome eines Gases in gehöriger Anzahl, nämlich je 8, 27, 64 u. s. w. zur Bildung neuer gleich regelmässig geformter Atome zusammentreten, so zieht es sich auf $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ u. s. w. seines früheren Volumens zusammen und steigt dagegen sein Aequivalentgewicht auf das zwei-, drei-, vierfache u. s. w.; kurz, die Dichtigkeiten und die Aequivalentgewichte, welche ein und derselbe Stoff in Gasform

annehmen kann, sind ganze Multipla der kleinsten möglichen Werthe derselben und stehen als solche in einfachen Verhältnissen zu einander.

Unsere Hypothese erklärt demnach in ungezwungener Weise sowohl das (nicht auf die Gase allein beschränkte) Gesetz der multiplen Aequivalentgewichte als auch die Einfachheit der Volumverhältnisse bei den gasförmigen Körpern durch Aufstellung der zwei Sätze: 1. Die chemischen Aequivalentgewichte sind Gewichtsmengen mit gleich viel Atomoberfläche; 2. die gleichen Atome eines Stoffes können sich zusammenlagern und spalten unter Constanz ihrer Form.

Bisher ist von den Physikern vergeblich versucht worden, neben den festen Grundstoffen auch die gasförmigen unter das Dulong-Petit'sche Gesetz zu bringen. Offenbar ist es die specifische Temperaturwärme der Gase, welche in dieser Hinsicht mit der specifischen Wärme der festen Körper verglichen werden muss.

Nehmen wir z. B. den Sauerstoff, so ist nach Regnault, dessen specifische Wärme bei constantem Druck $s = 0{,}2175$, woraus mit den bekannten Daten ($A = 433$) die specifische Wärme bei constantem Volumen $s_1 = 0{,}1562$ [1]) und nach der obigen Formel 20) oder 21) die specifische Temperaturwärme des Sauerstoffes

$$c = 0{,}0950$$

folgt. Das Aequivalentgewicht dieses Gases $= 100$ gesetzt, wird also das Product mit der specifischen Temperaturwärme $= 9{,}50$, während bei den festen Grundstoffen das Product aus dem Aequivalentgewichte und der specifischen Wärme im Mittel etwa $= 39$ ist. In ähnlichen Fällen versuchen es die Physiker mit einem Multiplum des gebräuchlichen Aequivalentgewichtes und in der That sieht man hier, dass das Vierfache des für den Sauerstoff gefundenen Productes, nämlich

$$4 \times 9{,}50 = 38{,}00,$$

dem Dulong-Petit'schen Gesetze vollkommen entspricht.

Auf gleiche Weise erhält man für Wasserstoff und Stickstoff die Producte 36,52 und 36,57 und also für diese drei gasförmigen Elemente im Mittel 37,03.

Es ist demnach wahrscheinlich, dass die Aequivalentgewichte von Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff in ihrem freien Zustande das

1) Bei Annahme $\frac{s}{s_1} = 1{,}40$ würde $s_1 = 0{,}1554$.



Vierfache der gewöhnlich dafür angenommenen sind, und dass also jedes dieser drei Gase in Wirklichkeit nur 1/4 des Volumens einnimmt, das es einnehmen müsste, wenn sein gebräuchliches Aequivalentgewicht im richtigen Verhältnisse zu den Aequivalentgewichten der festen Grundstoffe stünde. Das gleiche Verhältniss aber, wie zwischen den gebräuchlichen Aequivalentgewichten von Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff zu ihren Volumen in freier Gasform, besteht zwischen den Aequivalentgewichten von Brom, Jod, Schwefel und Selen in ihrer festen Form zu ihren Volumen in Gasform; diese Grundstoffe, welche im festen Zustande mit ihren gebräuchlichen Aequivalentgewichten dem Dulong-Petit'schen Gesetze genügen, nehmen sonach als Gase ebenfalls nur 1/4 des Raumes ein, den sie erfüllen müssten, wenn sie mit unveränderten Aequivalentgewichten aus dem festen in den Gaszustand übergingen, d. h. ihre Aequivalentgewichte werden durch Verdampfung vervierfacht. Hingegen sind die Volume der Dämpfe von Quecksilber und Cadmium doppelt so gross, als man nach Verhältniss ihrer gebräuchlichen Aequivalentgewichte zu denen der oben genannten Stoffe erwartete; d. h. die Aequivalentgewichte von Quecksilber und Cadmium sind in ihren Dämpfen nicht vervierfacht, sondern verdoppelt, oder diese Stoffe erfüllen in Gasform nur die Hälfte jenes Volumens, das sie bei Verdampfung mit unverändertem Aequivalentgewicht einnehmen müssten. Andererseits sind die Volume der Dämpfe von Phosphor und Arsen halb so gross, als man nach Verhältniss ihrer gebräuchlichen Aequivalentgewichte zu denen der erst genannten Stoffe erwartete; d. h. die Aequivalentgewichte von Phosphor und Arsen werden durch Verdampfung verachtfacht, oder ihre Volume als Dämpfe sind nur 1/8 derjenigen, welche sie bei unverändert gebliebenen Aequivalentgewichten in dieser Aggregatform haben würden. Es scheint, dass überhaupt kein fester oder flüssiger Körper mit seinem Aequivalentgewichte in den Gaszustand übergeht, dass dieses bei der Verdampfung immer ein ganzes Multiplum und zwar in den betrachteten Fällen das zwei-, vier- oder achtfache wird, entsprechend einer Reduction der Summe der Atomoberflächen im Verhältniss von $1 : 1/2 : 1/4 : 1/8$. Dabei müssen nach dem Obigen die Atomgewichte der Dämpfe von Quecksilber und Cadmium 8mal, von Brom, Jod, Schwefel und Selen 64mal, von Phosphor und Arsen 512mal grösser sein, als die Atomgewichte derselben Stoffe in fester Form.

Als ein Beleg für die Anwendbarkeit unserer Sätze auf die chemischen Verbindungen mag hier das Verhalten des Wassers in seinen verschiedenen Aggregatformen dienen.

Die specifische Wärme des Eises ist sehr nahe nur die Hälfte (= 0,502) von der des Wassers. Ein Sprung von solcher Weite und nach einem so einfachen Verhältnisse (ein gleicher kommt bei festem und flüssigem Jod vor) ist bei den herrschenden Ansichten schwer begreiflich; in unserer Hypothese bedeutet er, dass die Summe der Atomoberflächen im Eise nur halb so gross ist, als die Summe der Atomoberflächen im Wasser, oder dass je acht gleiche Atome des letzteren, mit ihren Oberflächen zusammenstossend, je 1 Atom des Eises bilden, dessen Aequivalentgewicht dann das Doppelte von demjenigen des Wassers ist. Etwas Aehnliches dürfen wir nach dem Vorhergehenden bei der Bildung des entsprechenden Dampfes erwarten. Nehmen wir als specifische Wärme des Wasserdampfes bei constantem Druck $s = 0{,}4750$ (Regnault), so ist die specifische Wärme bei constantem Volumen $s_1 = 0{,}3660$ und die specifische Temperaturwärme = 0,2590. Das Vierfache dieser Zahl (= 1,036) fällt fast zusammen mit der specifischen Wärme des Wassers. Es verhalten sich also die wirklich vergleichbaren specifischen Wärmen oder die Flächensummen der Atome von Wasser, Eis und Dampf wie $1 : \frac{1}{2} : \frac{1}{4}$ und demnach die entsprechenden Aequivalentgewichte wie 1:2:4; d. h. das Eis (wie Quecksilber und Cadmium) verdoppelt und das Wasser (wie festes Brom oder Jod[1]) vervierfacht sein Aequivalentgewicht bei der Verdampfung. Wasserdampf, Eis und Wasser sind daher eigentlich anzusehen als verschiedene isomere Modificationen derselben Stoffelemente, wovon jede nur in einer einzigen Aggregatform bestehen kann.

Wir haben soeben die specifische Temperaturwärme des Wasserdampfes aus seiner beobachteten specifischen Wärme berechnet; versuchen wir es jetzt, sie aus den specifischen Temperaturwärmen der Bestandtheile abzuleiten. Die specifische Temperaturwärme des Sauerstoffes ist, wie wir fanden = 0,0950 und die des Wasserstoffes = 1,4610. Ein Gemenge beider Gase, welches, wie der Wasserdampf, in 9 Ge-

1) Flüssiges Jod hat genau die doppelte specifische Wärme und also wahrscheinlich das halbe Aequivalentgewicht des festen; jenes verachtfacht dann sein Aequivalentgewicht durch Verdampfung (wie Phosphor und Arsen).



wichtstheilen 1 Theil Wasserstoff und 8 Theile Sauerstoff enthält, hat demnach die specifische Temperaturwärme

$$\frac{1,4610 + 8 \times 0,0950}{8} = 0,2468$$

deren Vierfaches = 0,9872 der specifischen Wärme des Wassers wieder sehr nahe kommt, so dass man offenbar annehmen kann, die specifische Temperaturwärme des Knallgasgemenges sei von derjenigen des Wasserdampfes gar nicht verschieden. Dieses Resultat ist sehr bemerkenswerth; es bedeutet nämlich, dass eine Zusammenlagerung von Atomen mit Verlust an strahlender Fläche, wie wir sie bei der Verwandlung fester und flüssiger Körper im Gase fanden, bei der Bildung des Wasserdampfes aus seinen Bestandtheilen nicht eintritt. Dennoch wird dabei das Gesammtvolumen der letzteren sehr bedeutend vermindert, und zwar in dem einfachen Verhältnisse von 3:2.

Um die Fälle dieser Art zu erklären, erinnern wir uns, dass ein blosses Zusammenrücken der Atome eines Körpers, so lange sie durch Zwischenräume von einander getrennt bleiben, die Temperaturwärme desselben nicht ändert, indem die Intensität der ihr entsprechenden inneren Strahlung im gleichen Verhältniss zunimmt, als die Summe der mit Aether erfüllten Zwischenräume kleiner wird. Denken wir uns nun einen festen Körper so dicht, dass die Aetherschichten zwischen seinen würfelförmig gedachten Atomen im Vergleich mit den Dimensionen derselben bereits sehr dünn seien; dann ist jedes Atom durch die es zunächst umgebenden Atome fast vollständig von allen übrigen abgeschlossen und die von seiner Oberfläche ausgehende Strahlung, schon an den ihm zugewendeten Seiten der letzteren aufgefangen, reicht über diese nicht merklich hinaus, d. h. die thermische Wirkungssphäre eines Atoms erstreckt sich in jeder Richtung nur bis zum nächsten Atome. Bei solcher Kleinheit der Wirkungssphäre können wir den Körper in unsichtbar kleine, aus nur mässig vielen Atomen bestehende würfelförmige Theile zerlegen, von denen jeder zwischen seinen inneren Flächen noch die frühere Strahlung behält und welche, wenn wir ihre Aussenflächen gleichmässig auseinanderrücken, auch zwischen diesen noch überall die gleiche Strahlenmenge wie zuvor hin- und herwerfen, nur mit dem Unterschiede, dass letztere in dem Verhältniss an Intensität abnimmt, als die Räume zwischen den Aussenflächen der kleinen Körperchen sich erweitern; wir haben auf diese

Weise den anfänglichen Körper, ohne seine specifische Temperaturwärme zu ändern, in ein System unzähliger unter sich gleicher Atomgruppen aufgelöst, welche als kleine feste Körperchen in ihrem Innern eine gewisse Wärmemenge besitzen, aber bei der Ausdehnung des von ihnen constituirten Systems sich ganz so wie einfache Atome verhalten. Jedes dieser würfelförmigen Körperchen hätte bei der angenommenen Kleinheit seiner inneren Zwischenräume keine merklich grössere Aussenfläche, als wenn die es bildenden Atome sich unmittelbar berührten, und demnach ist, wenn f die Summe aller strahlenden Atomflächen bedeutet und je k^3 Atome eine gleich geformte Gruppe bilden, die Summe der gegenseitig bestrahlten Aussenflächen $= \frac{f}{k}$. Stellen wir uns also vor, ein Gas bestehe aus solchen Atomgruppen, so ist sein Volumen, proportional der Summe der Aussenflächen derselben, im Verhältniss von $1 : \frac{1}{k}$ kleiner und seine specifische Temperaturwärme, proportional der ganzen strahlenden Flächensumme, die nämliche, als wenn alle Atome für sich bestünden, oder wenn die Atome eines Gases in entsprechender Anzahl sich zu gleich geformten Gruppen der beschriebenen Art verbinden, nimmt sein Volumen mit der Summe der gegenseitig bestrahlten Aussenflächen nach einem einfachen Verhältnisse ab, während seine specifische Temperaturwärme mit der Summe der überhaupt bestrahlten Flächen constant bleibt.

Eine solche Zusammenlagerung von Atomen ohne Verlust an strahlender Fläche zu kleinen Körperchen oder complexen Atomen müssen wir bei der Verwandlung des Knallgasgemenges in Wasserdampf annehmen. Die Condensation auf $^2/_3$ des Gesammtvolums der Bestandtheile lässt schliessen, dass die Summe der Aussenflächen der Atome des Wasserdampfes nur $^2/_3$ der ursprünglichen Flächensumme ausmacht, d. h. dass $^1/_3$ der letzteren dort als Summe von Innenflächen complexer Atome vorhanden ist; was nach unserer Definition der chemischen Aequivalentgewichte (als Gewichtsmengen mit gleich viel Atomoberfläche) und nach unserer Deduction des Gesetzes der multiplen Aequivalentgewichte anzeigt, dass der Wasserstoff sein ursprüngliches Volumen, um es dem Volumen des Sauerstoffs gleich und chemisch äquivalent zu machen, durch Zusammenlagerung seiner Atome auf die Hälfte verminderte, jedoch ohne Verlust an bestrahlter Fläche im Ganzen, also durch Bildung complexer Atome aus je 8 Atomen des freien Gases. Der Wasserstoff des Wasserdampfes

hat dann das doppelte Aequivalentgewicht und die doppelte Dichte des freien Wasserstoffs und nach dieser Verdichtung des einen Bestandtheils nehmen beide zusammen nur noch $^2/_3$ des früheren Gesammtvolums ein, während die specifische Temperaturwärme derselben mit der Summe der überhaupt bestrahlten Flächen sich gleich blieb. Es enthalten dann 2 Volume Wasserdampf soviel bestrahlte Fläche und demgemäss soviel Temperaturwärme, als 3 Volume eines einfachen Gases (Wasserstoff, Stickstoff oder Sauerstoff), und um den entsprechenden Betrag ist die Gesammtwärme eines Volumens Wasserdampf grösser als die Gesammtwärme eines gleichen Volumens der einfachen Gase.

Durch die beiden hier bezeichneten Arten von Zusammenlagerung der gleichen Atome zu grösseren gleich geformten werden alle vorkommenden Condensationen sammt den von Regnault beobachteten specifischen Wärmen gasförmiger Verbindungen ungezwungen erklärt. Dass jene bewundernswerthe Einfachheit der Verhältnisse, welche bei den Veränderungen sowohl der Gasvolume als auch der wahren specifischen Wärmen sich überall ausspricht, aus der gewöhnlich angenommenen Zusammenlagerung der ungleichen Atome (zu Gebilden von unregelmässigen und verwickelten Formen) resultiren könnte, ist im höchsten Grade unwahrscheinlich und somit führt unsere Theorie zu einer Ansicht von der Constitution chemischer Verbindungen, ähnlich derjenigen, welche vor längerer Zeit Williamson und Clausius (Poggendorff's Annalen Bd. 101, S. 347, 352) aussprachen und neuestens Kohlrausch und Nippoldt aus ihren electrolytischen Untersuchungen (Poggendorff's Annalen Bd. 138, S. 379 folgern. Sind aber die ungleichen Atome der chemisch zusammengesetzten Stoffe, wie wir schliessen dürfen, niemals näher als die gleichen mit einander verbunden, so erscheint die Annahme eigener chemischer Anziehungskräfte als überflüssig; es genügt dann jene zwischen den Atomen der Körper allgemein vorhandene und insbesondere die Volume der Gase bedingende Anziehung, welche nach der aufgeztellten Hypothese durch die von den Atomen einander zugesendeten Wärmestrahlen vermittelt wird.

Kleinere Mittheilungen.

Parallactische Fernrohr-Aufstellung.

Von L. Merz.

(Hiezu Tafel XXIII Figg. 1 bis 3.)

In der „Beschreibung des auf der Sternwarte der kaiserlichen Universität zu Dorpat befindlichen grossen Refractors von Fraunhofer" sagt Struve über das diesem Instrumente beigegebene Uhrwerk mit Centrifugalunruhe: „Die Regelmässigkeit der Bewegung der Instrumente durch die Uhr ist höchst bewunderungswürdig. Die hier wirkenden Theile sind so genau gearbeitet, dass der Stern vollkommen ruhig im Felde erscheint und bei gehöriger Stellung des Zeigers an derselben Stelle verbleibt", gewiss ein Ausspruch, der, sollte man meinen, jeden Gedanken, hier eine Verbesserung zu versuchen, überflüssig machte. Dennoch zeigte sich im Verlaufe der Zeit, dass das so schön gedachte Werk in der That einer Verbesserung bedarf. Die conische Büchse, welche das Ausschwingen der Unruhe reguliren soll, wird oben nach und nach vom Anschlagen der Schwingungs-Körperchen angegriffen und die so zu sagen sich einfressenden Körperchen schwächen die Wirksamkeit der Correction. Auch zeigt sich, dass die Centrifugalunruhe wohl so lange entsprechend functionirt, als das Instrument durch sein Frictionsgewicht in regelmässigem Gange erhalten bleibt, aber seine Kraft versagt, sobald der Gang des Instrumentes auch nur leise Hemmungen erfährt.

Solchen Uebelständen zu begegnen, construirte nun Foucault sein isochronisches Pendel für Kreisbewegungen, das sich im II. Bande dieser Blätter findet. Das Hauptmoment der besonderen Leistungsfähigkeit dieses Pendels liegt wohl darin, dass zwei Regulatoren, ein Watt'sches Pendel und eine Art Luftturbine, die beide ein gemeinschaftliches Bodenrad haben, sich gegenseitig regulirend, die Summe ihrer Kraft auf das Instrument selbst übertragen. Es ist also leicht

begreiflich, dass das Foucault'sche Pendel auch bei vermehrter Friction des Instrumentes eine Hemmung im Gange weniger verspürt und es muss dieses Pendel als ein fast unverbesserbarer Regulator für ein parallactisches Instrument mit Uhrbewegung erachtet werden.

Bezüglich der Massenvertheilung oder der gegenseitigen Verhältnisse der beiden Regulatoren bleibt der Empirie aber immer noch ein hübsches Stück Arbeit bei Ausführung dieses Foucault'schen Pendels übrig. Auch bedingt die allgemeine Schwierigkeit der Ausführung dieses Pendels eine sehr erhebliche Preiserhöhung eines parallactischen Statives, zumal bei Fernröhren von nur mittleren Dimensionen.

Es dürfte daher nicht unpassend erscheinen, auch einmal das conische Pendel meiner neueren Aequatorialaufstellungen durch Druck und Zeichnung in die Oeffentlichkeit zu bringen, da dasselbe Brauchbarkeit mit Wohlfeilheit sicher in höchstem Grade verbindet.

Die gegen das Fraunhofer'sche Centrifugalpendel möglichen Bedenken kommen hierbei auch vollends in Wegfall. Fürs erste schwingt das Pendel frei in der Luft, zum anderen beharrt es, wenn einmal in Schwingung, durch die Masse des schwingenden Körpers unempfindlich für leise Gleichgewichtsstörungen des Instrumentes, in seinem Gange und dies um so sicherer, da dem Frictionsgewichte des Instrumentes nach Bedarf auch leicht eine Mehrbelastung gegeben werden kann.

Die Einrichtung des Pendels ist im wesentlichen die folgende: Auf dem Fraunhofer'schen Uhrgehäuse (*A*. Fig. I) sitzt anstatt der conischen Büchse eine Schüssel (*B*). Von ihr ausgehend bilden 4 Streben (*C*) eine Wölbung, in deren Pole das conische linsenförmige Pendel (*D*) in einer kleinen Kugelpfanne schwingt. Seine Leitung vermittelt eine auf der Getriebachse des Kronrades feste excentrisch geschlitzte Scheibe (*E*).

Das conische Pendel kam bereits für drei Aequatorialaufstellungen und zwar für die Sternwarten von Neapel, Mailand und Manila zur Ausführung. Die hier gegebene Skizze ist der Photographie des Refractors für Manila, der kürzlich im Institute vollendet worden und mit einem 6fussigen Fernrohr von 54''' Oeffnung versehen ist, entnommen. Sie zeigt gleichzeitig, dass die neueren Aufstellungen Uhrkreis und Theilkreis gesondert haben, so dass, um das Instrument in eine andere Position zu bringen, nicht erst nöthig ist, die Stundenkreisspindel ausser Eingriff zu bringen. Die beiden Kreise *F* und *G*

werden durch die Klemmvorrichtung H in und ausser Verbindung gesetzt. Um vom Sitze des Beobachters aus feine Bewegungen vorzunehmen, dienen bekanntlich die Huighens'schen Schlüssel. Auch die den neueren Instrumenten beigegebenen Schlüssel zeichnen sich durch einen besonderen Mechanismus aus. Sie haben vierfache Gelenke und wirken fast über 90 Grad Winkel. Ihre Constructionsverhältnisse, so wie deren Wirkung dürften wohl aus den Fig. 2 und 3 ohne weitere Beschreibung erhellen.

Einige Notizen

von

Prof. **Zech** in Stuttgart.

Im vierten Bande dieses Repertoriums hat **Wand** zwei Aufsätze über mechanische Wärmetheorie veröffentlicht, welche nach verschiedenen Richtungen hin sehr Bemerkenswerthes enthalten Insbesondere ist sein Beweis des zweiten Satzes der mechanischen Wärmetheorie dem Gedanken, wenn vielleicht auch nicht der Ausführung nach, gewiss der kürzeste. Es wird daher wohl der Mühe werth sein, zu zeigen, wie sich der Beweis auch der Form nach äusserst kurz und klar darstellen lässt.

Wenn einem Körper die Wärme Q bei der Temperatur ϑ zugeführt wird und ein Kreisprocess stattfindet, so muss ihm wieder Wärme Q' bei der Temperatur ϑ' entzogen werden; zwischen diesen vier Grössen muss eine bestimmte Beziehung stattfinden, die von der Natur des Körpers unabhängig ist, weil man sonst ohne Arbeit Wärme von einem kälteren zu einem wärmeren Körper überführen könnte, was nach dem von **Clausius** aufgestellten Grundsatz nicht anzunehmen ist. Diese Beziehung sei:

$$Q' = Q\, f\, (\vartheta, \vartheta').$$

Sie muss diese Form haben, da Q aus Q' proportional wachsen müssen, wenn die Temperaturen gleich bleiben.

Wird das abgegebene Q' mit der Temperatur ϑ' einem anderen Körper mitgetheilt, so komme Q'' mit der Temperatur ϑ'' zum Vorschein; man hat:

$$Q'' = Q'\, f\, (\vartheta', \vartheta'').$$

Beide Operationen lassen sich zu einem Prozess verbinden, dessen Resultat ist, dass Q bei ϑ mitgetheilt, Q'' bei ϑ'' entzogen wird, also hat man:

$$Q'' = Q\,f(\vartheta, \vartheta'').$$

Setzt man die zwei Werthe von Q'' gleich und substituirt den oben gegebenen Werth von Q', so hat man:

$$f(\vartheta, \vartheta'') = f(\vartheta, \vartheta').f(\vartheta', \vartheta'')$$

oder:

$$f(\vartheta, \vartheta') = \frac{f(\vartheta, \vartheta'')}{f(\vartheta', \vartheta'')}.$$

Da in dieser Gleichung links ϑ'' nicht vorkommt, so muss in dem Bruche rechts ϑ'' in einem Ausdrucke stehen, welcher Factor von Zähler und Nenner ist, d. h. es muss

$$f(\vartheta, \vartheta'') = \varphi(\vartheta).\psi(\vartheta'')$$

sein und dann ist:

$$f(\vartheta, \vartheta') = \frac{\varphi(\vartheta)}{\varphi(\vartheta')} \text{ und } \psi(\vartheta'') = \frac{1}{\varphi(\vartheta'')}.$$

Setzt man nun

$$\varphi(\vartheta) = \frac{1}{\tau},$$

so ist:

$$\frac{Q'}{\tau} = \frac{Q}{\tau}$$

oder mit Rücksicht auf Zeichen:

$$\frac{Q'}{\tau'} + \frac{Q}{\tau} = 0$$

was der zu beweisende Satz ist. —

Zu meinen Bemerkungen über Wagen und Wägen möchte ich noch hinzufügen, dass es in der Natur der Sache läge, an den Wagen statt Gradbogen Tangentenscalen anzubringen, d. h. eine Gerade in gleiche Theile zu theilen und Theilstriche zu ziehen, welche durch die Drehaxe gehen, statt einen Kreis, dessen Mittelpunct auf der Drehaxe liegt, in gleiche Theile zu theilen. Der Ausschlag selbst ist ja nicht dem Uebergewicht proportional, sondern die Tangente des Ausschlags; und die Tangententheilung ist am Ende einfacher. Nur in seltenen Fällen wird der Unterschied practisch sein, allein warum soll man nicht schon bei der Construction auf die Theorie hinweisen?

Apparat zur Demonstration des Doppler'schen Princips für den Schall.

Von W. Rollmann.

Zum Nachweis der Doppler'schen Theorie in Bezug auf den Schall sind bekanntlich Versuche von Buys Ballot auf belgischen

und von Scott Russel auf englischen Eisenbahnen angestellt. Ferner hat Mach einen Apparat für Vorlesungsversuche construirt. Mit sehr geringen Mitteln lässt sich das Höher- und Tieferwerden des Tones beim raschen Nähern und Entfernen der Schallquelle auf folgende Weise deutlich hörbar machen.

Quer auf die Achse der Schwungmaschine wird eine Holzleiste gesetzt; je länger sie sein kann, desto besser ist es. An einem Ende hat die Leiste ein Loch senkrecht zu ihrer Längsachse, in welches mittelst eines Korkes der tönende Apparat gesteckt wird. Ich habe dazu eine kleine Hohlkugel aus Glas gewählt. Man bläst sie aus einem starken Thermometerrohr, und schleift seitlich ein Stückchen fort, um ihr eine passende Oeffnung zu geben. Durch einen tangentialen Luftstrom angeblasen, tönt die Kugel wie der Brummkreisel und die Botspfeife. Der Stiel der Kugel wird nun so durch den Kork gesteckt, dass die Oeffnung nach aussen gerichtet ist. Tritt bei rascher Drehung der Ton nicht sofort auf, so bedarf es nur geringer Aenderungen in der Stellung der Kugel, um ihn hervorzulocken. Bei jedem Umschwunge hört man die Höhe des Tones ab- und zunehmen. Befindet sich das Ohr in der Verlängerung der Achse, so vernimmt es nur einen Ton.

Die Dimensionen meines Apparates sind folgende: Die Kugel steht von der Achse 25 Centimeter entfernt, ihr Durchmesser ist 20 Millimeter, der der Oeffnung 7 Millimeter.

Neueste Construction der Bunge'schen Wagen.

(Von Herrn Bunge als Circular eingesandt.)

(Hiezu Tafel XXIV.)

Seit ich vor einigen Jahren mir erlaubte, die Aufmerksamkeit der Herren Chemiker den von mir construirten, in meiner Werkstatt producirten analytischen Wagen zuzulenken, haben dieselben theils aus Anlass der mir seitens der Herren Chemiker gütigst ertheilten Weisungen, theils in Folge eigener erweiterter Erfahrung so viele wesentliche Verbesserungen erfahren, dass ich nicht glaube verfehlen zu dürfen, sie in Wort und Bild in ihrer gegegenwärtigen Gestalt Ihnen vorzuführen.

Der hauptsächlichste Unterschied meiner Wagen vor denen anderer Systeme besteht in der Construction und speciell in der Kürze des

Balkens, wodurch ich ausserordentliche Empfindlichkeit mit, schnelles Arbeiten ermöglichender, kurzer Schwingungsdauer zu verbinden im Stande bin.

Gestatten Sie mir für den Fall, dass Sie noch nicht Gelegenheit hatten, sich von den Vortheilen kurzarmiger Wagen empirisch zu überzeugen, deren theoretischen Beweis.

Es bedeutet a die Entfernung des Schwerpunctes eines Wagebalkens von der Mittelschneide, $2l$ den Abstand der Endschneiden von einander, b das Loth von der Mittelschneide auf die Verbindungslinie der Endschneiden, G das Gewicht des Balkens, P das Gewicht dessen, was jede Endschneide trägt. Durch ein kleines Zulagegewicht p werde der Balken um den Winkel α gedreht. Die auf die nunmehrige Gleichgewichtslage wirkenden Kräfte P, $P + p$, G haben entsprechend in Bezug auf die Mittelschneide die Arme $(l \cos \alpha + b \sin \alpha)$, $(l \cos \alpha - b \sin \alpha)$, $(a \sin \alpha)$ und es besteht folgende Gleichung:

$$P(l \cos \alpha + b \sin \alpha) + Ga \sin \alpha = (P + p)(l \cos \alpha - b \sin \alpha)$$

oder

$$P(l \cos \alpha + b \sin \alpha) + Ga \sin \alpha = P(l \cos \alpha - b \sin \alpha) + p(l \cos \alpha - b \sin \alpha)$$

$$2Pb \sin \alpha + Ga \sin \alpha = p(l \cos \alpha - b \sin \alpha)$$

und durch $\cos \alpha$ dividirt $(2P + p) b \operatorname{tg} \alpha + Ga \operatorname{tg} \alpha = pl$

hieraus $$\operatorname{tg} \alpha = \frac{pl}{(2P + p) b + Ga}.$$

Setzt man, um die Grösse des Ausschlagwinkels für ein gewisses Zulagegewicht unabhängig von der Grösse der Belastung zu machen, $b = 0$, d. h. die drei Schneiden in eine Ebene, wie solches bei analytischen Wagen der Fall sein soll, so vereinfacht sich obige Formel dahin:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{pl}{Ga} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

Für die den meinen ähnliche, günstigste Form des Balkens, wo er beiderseits aus einer auf absolute und einer auf rückwirkende Festigkeit beanspruchten Stange und einem vertikalen Pfeiler über der Mittelschneide besteht, würde das Gewicht des Balkens für gleiche Tragfähigkeit und bei Zulassung einer proportional der Balkenlänge wachsenden Durchbiegung doch mindestens im geraden Verhältniss der Länge wachsen.

Für die Schwingungsdauer t eines physischen Pendels gibt die Dynamik folgende annähernde Formel:

$$t = \pi \sqrt{\frac{J}{meg}}$$

wo π das Verhältniss der Peripherie zum Durchmesser des Kreises, J das Trägheitsmoment der schwingenden Masse m in Bezug auf die Drehaxe, e den Schwerpunctsabstand der Masse von der letzteren, g die Beschleunigung der Schwere bedeuten. Da in unserem Falle

$$m = \frac{G + 2P}{g},$$

so ist hier
$$t = \pi \sqrt{\frac{J}{(G + 2P)e}} \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

Das Trägheitsmoment des Balkens ist annähernd $= \frac{Gl^2}{3g}$, das der Belastungen der Endschneiden $= \frac{2Pl^2}{g}$, die Summe beider daher

$$J = \frac{(G + 6P)l^2}{3g}$$

Diesen Werth in Formel (2) substituirt gibt:

$$t = \pi \sqrt{\frac{(G + 6P)l^2}{3eg(G + 2P)}}$$

Liegen die Schneiden in einer Ebene, so ist

$$e(G + 2P) = aG, \text{ folglich } t = \pi l \sqrt{\frac{G + 6P}{3Gag}}$$

Hiernach ist die Schwingungsdauer einer Wage proportional der Balkenlänge und umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Entfernung des Balkenschwerpunctes von der Mittelschneide. Für eine bestimmte Schwingungsdauer muss diese Entfernung also mit dem Quadrat der Balkenlänge wachsen. Wollte man die Balkenlänge auf das n-fache vergrössern, dabei aber für gleiche Belastung nur gleiche Schwingungsdauer gestatten, so würde in Formel (1) anstatt G, nG, anstatt a, $n^2 a$ zu setzen sein; also:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{pnl}{nG \cdot n^2 a} = \frac{pl}{n^2 aG}$$

Hiernach würde beispielsweise eine Wage mit 5 Zoll langen Balken unter sonst gleichen Umständen 9mal so empfindlich sein als eine solche von 15 Zoll Balkenlänge.

Da neben allen anderen tragenden Theilen besonders die Balken meiner Wagen eine Form haben, die der theoretisch vortheilhaftesten, geringstes Eigengewicht mit grösster Steifigkeit verbindenden, möglichst

angenähert ist, und dieselben aus Stahl gefertigt sind, ausserdem die Zungen eine ungewöhnliche Länge haben, so gestaltet sich das Verhältniss der Empfindlichkeit meiner Wagen zu der von Wagen anderer Systeme noch günstiger. Zudem ist ein kurzer stählerner Balken einseitigen Wärmeeinflüssen weit weniger ausgesetzt, als die langen messingenen.

Der Balken, wie auch die Schaalen, sind durch Vergoldung vor Oxydation geschützt.

Ich richte mein besonderes Augenmerk darauf, dass sämmtliche Schneiden ihrer ganzen Länge nach die ebenen Lager berühren, um das Moment der Reibung, dessen Einfluss auf die Abnahme der Schwingungen allerdings bei kurzen Balken grösser ist, auf ein Minimum herabzuziehen.

Damit selbst für den Fall, dass die drei Schneiden nicht vollkommen genau parallel sind, schiefe Belastung oder Drehung der Schaalen keine Schwerpunctsverrückung in der Richtung senkrecht zur Balkenebene und daher Veränderung der Gleichgewichtslage (Inconstanz) bewirken können, sind die Schaalen, wie die Zeichnung (Tafel XXIV) links für höhere, rechts für geringere Belastungen zeigt, in zwei geraden, resp. runden Schneiden, die rechtwinkelig zu denen des Balkens stehen, aufgehängt.

Die Arretirung ist neuerdings so eingerichtet, dass beim ersten Theil der Drehung der entweder vorn, oder, wie auf Zeichnung, beliebig beiderseits aufzusteckenden Kurbel die unter den Schaalen befindlichen Teller sich senken; durch Wiederholung dieser Bewegung man also die Schaalen leicht beruhigen kann, ohne die Wage im Uebrigen zu beeinflussen. Beim weiteren Verlauf der Drehung werden durch Senkung des in der Säule befindlichen Rohres, des darauf befestigten Trägers und der an dessen Enden befindlichen, zwei oben mit einem Kessel, zwei mit einer darauf zulaufenden Nuthe versehenen Säulchen die vorher mit Spitzen auf letzteren lagernden Schaalengehänge auf die Endschneiden des noch beiderseits und an der Mittelschneide in den Nuthen von Säulchen ruhenden Balkens gelegt.

Erst beim letzten Theil der Drehung wird durch Hebung des Mittelachslagers die Wage frei. Diese Einrichtung ist auf die Constanz und Dauerhaftigkeit der Wage vom günstigsten Einfluss.

Die Reiterverschiebung besteht in einem meinen Wagen eigenthümlichen Mechanismus, vermöge dessen der Reiter, wie auf Zeichnung

ersichtlich, auf einem vor dem Balken mit der oberen Kante in der Schneidenebene befestigten in 100, resp. 200 Theile getheilten Lineal ohne jede Unterbrechung auf der ganzen Länge des Balkens versetzt und genau vertical abgehoben werden kann.

Beiliegende Zeichnung (Tafel XXIV) stellt eine analytische Wage für 200 Gramm Belastung jeder Schaale in $^1/_3$ der wirklichen Grösse dar; doch ist im Längsschnitt und auf der linken Hälfte der Seitenansicht die für Wagen hoher Tragkraft angewendete Schaale und ihr Gehänge gezeichnet.

Meine Gewichtssätze fertige ich durchgängig von vergoldetem Messing. Die grösseren haben annähernd die Form kleinster Oberfläche. Für die Gewichte unter 1 Gramm habe ich abweichend von der gebräuchlichen eine Form eingeführt, die ihrer grossen Handlichkeit und dem Umstande, dass in der Form unverkennbar der Werth ausgedrückt ist, bereits vielseitige lobende Anerkennung verdankt. Jeder Decimalen entspricht eine bestimmte Dicke des Drahtes, der in flache Spiralen mit einem verticalen, leicht fassbaren Stift in der Mitte gewunden ist, so dass 0,5—0,05—0,005 je 5 Windungen, die anderen je 2 resp. 1 Windung haben.[1] Die Gewichtsklötze sind aus den Etuis heraus zu nehmen und in das Gehäuse der Wage zu setzen. Die von 10 Gramm beginnenden Sätze haben Gewichte bis zu 1 Milligramm herab und Milligrammreiter, die grösseren jedoch nur Gewichte bis zum Centigramm und Centigrammreiter.

Die Dimensionen (in Mètres) und Preise (in Thalern preussisch zollfrei nach dem Zollvereinsgebiet incl. Verpackung) sind unbeschadet etwa durch weitere Verbesserungen veranlasster Modificationen folgende:

Belastung jeder Schaale	2000 Gr.	500 Gr.	200 Gr.	20 Gr.
1° der Scala ausschlagend bei	0,2 *mg*	0,1 *mg*	0,1 *mg*	0,02—0,01 *mg*
Balkenlänge	0,25	0,17	0,13	0,06 M
Weite der Schaalenbügel	0,18	0,13	0,093	0,04
Preis der Wage	**130 Thlr.**	**80 Thlr.**	**60 Thlr.**	**55 Thlr.**
Preis des zugehörigen Gewichtssatzes	**22 Thlr.**	**16 Thlr.**	**12 Thlr.**	**10 Thlr.**

Selbstverständlich führe auf Wunsch auch Wagen jeder andern Tragfähigkeit aus.

---

1) Ein solcher Gewichtssatz, welchen Herr Bunge dem Herausgeber zu senden die Güte hatte, ist auf Tafel XIX, Fig. 6 dargestellt.

Neuer Apparat zur Demonstration der physikalischen Eigenschaften der Dämpfe.

Von Francisco da Fonseca Benevides,
Professor an der polytechnischen Schule in Lissabon.

(Annales de Chimie et de Physique, Juin 1870.)

(Hiezu Tafel XVII, Fig. 3.)

Der in Fig. 3, Tafel XVII dargestellte Apparat gestattet verschiedene Versuche über die wichtigsten Eigenschaften der Dämpfe in öffentlichen Vorlesungen zu zeigen.

Beschreibung des Apparates. Er besteht aus einem kupfernen Ballen B mit vier Tubulen a, J, c, d. Am Tubulus J ist ein Quecksilbermanometer für comprimirte Luft angebracht. Bei c befindet sich ein Thermometer t, dessen Gefäss immer unter dem Niveau der Flüssigkeit stehen muss, die man in den Ballon bringt; bei d ist ein Giffard'scher Injector von Glas G angefügt. Der Tubulus a kann mittelst einer Blei- oder Kautschuckröhre mit der atmosphärischen Luft oder mit einer Compressions- oder Verdünnungspumpe in Verbindung gesetzt werden. Die Tubulen a und d sind mit Hähnen versehen. Der Ballon steht auf einem eisernen Dreifusse T und wird mittelst einer Weingeistlampe oder eines Bunsen'schen Brenners erwärmt.

Folgende Grundversuche kann man nun mit dem Apparate von Benevides anstellen.

Gesetze des Siedens, Absorption der latenten Wärme. Man bringt Wasser in den Ballon, öffnet den Hahn a und erwärmt; das Wasser siedet, die Dämpfe entwickeln sich und treten durch den Tubulus a in die atmosphärische Luft aus. Man beobachtet dann, dass das Thermometer bei 100° stehen bleibt, und das Manometer zeigt eine Spannung des Dampfes von einer Atmosphäre.

Einfluss des Druckes auf die Siedetemperatur. Man setzt den Tubulus a mit einer Compressionspumpe in Verbindung und comprimirt Luft in dem Ballon. Man sieht dann, dass das Sieden nur bei der Temperatur eintritt, wo die Spannung des Wasserdampfes gleich ist dem von der Luft auf die Flüssigkeit ausgeübten Drucke. Verdünnt man dagegen die Luft im Ballon, so sieht man, dass das Wasser bei einer um so niedereren Temperatur siedet, je mehr die Luft verdünnt ist.

Condensation des Dampfes, Freiwerden der latenten Wärme. Verbindet man mittelst einer Bleiröhre den Tubulus *a* mit einem mit kaltem Wasser gefüllten Gefässe und öffnet den Hahn *a*, so wird der Wasserdampf durch die Berührung mit dem kalten Wasser verdichtet und seine lebendige Kraft wird in latente Wärme umgesetzt, welche das Wasser im Gefässe erwärmt, dessen Temperatur bald bis auf 100⁰ steigt.

Beziehungen zwischen Spannungen und Temperaturen. Man schliesst den Hahn *a*, nachdem man das Wasser im Ballon zum Sieden gebracht hat, und man nimmt nun wahr, wie das Manometer und das Thermometer steigen und den Temperaturen des Dampfes entsprechende Drucke anzeigen. Mit einem gewöhnlichen Apparate kann man die Spannkraft des Dampfes bis auf 5 Atmosphären treiben; für höhere Drucke muss man einen stärkeren Apparat verwenden.

Kälte erzeugt durch die Ausdehnung des Dampfes bei hoher Spannung. Man erwärmt den Dampf bis zu 5 Atmosphären, man öffnet den Hahn *a*; ein Dampfstrahl stürzt sich an die Luft. Taucht man die Hand in den Dampfstrahl in einer gewissen Entfernung von der Mündung *a*, so zeigt sich die Empfindung von Frische.

Anwendung des Dampfes als Motor bei den Maschinen. Man setzt den Tubulus *a* mit einem kleinen Dampfmaschinenmodelle in Verbindung, bringt die Spannung auf 3 bis 4 Atmosphären, öffnet den Hahn *a* und sieht dann den Dampf die Maschine in Bewegung setzen; der Dampf verwandelt sich in mechanische Arbeit.

Wirkung des Dampfes beim Giffard'schen Injector. Hat der Dampf eine hohe Spannung, so öffnet man den Hahn *d*: der Dampf tritt durch den Giffard'schen Injector *G*, das Wasser im Gefässe *E* steigt in der Röhre *h* und tritt durch die Oeffnung *g* aus.

Ueber die im Jahre 1869 mit einem von Lohmeier angefertigten Reversionspendel in Altona und in Berlin angestellten Beobachtungen.

Der Aufenthalt des Herrn Dr. Neumayer in Melbourne bot eine sehr günstige Gelegenheit dar, für diesen Ort die Länge des einfachen Secundenpendels mit Schärfe zu erlangen. In Folge einer darüber gepflogenen Verhandlung liess ich im Jahre 1862 von Herrn Lohmeier in Hamburg ein Reversionspendel anfertigen, welches, nach Bessel's Vorschlag, äusserlich symmetrisch construirt und so

eingerichtet ist, dass die Schneiden vertauscht werden können. Mit diesem Apparat ist im Jahre 1863 von Herrn Dr. Neumayer eine Beobachtungsreihe ausgeführt, welche auch bereits, auf der Altonaer Sternwarte, von Herrn Heinr. Oppenheim berechnet worden ist.

Herr Dr. Neumayer hatte die Güte mir den Apparat, nach Beendigung seiner Versuche, zur Verfügung zu stellen, und im Laufe des verflossenen Jahres hat mein Sohn Dr. C. F. W. Peters Beobachtungsreihen mit demselben in Altona und in Berlin ausgeführt.

In Altona wurde das Pendel in demselben Zimmer aufgestellt, in welchem Sabine, im Jahre 1828, Beobachtungen mit einem unveränderlichen Pendel angestellt hat. Dieses im Souterrain des Wohnhauses der Sternwarte belegene Zimmer eignet sich sehr gut zu solchen Beobachtungen, weil es von allen Seiten mit soliden Steinwänden eingeschlossen und mit Doppelfenstern und einer Doppelthür versehen ist.

Das Pendel war an der südlichen, nach dem Garten belegenen Wand aufgestellt. Die Achatplatten, worauf die Schneiden sich bewegen, waren auf derselben noch an der Wand befindlichen Console befestigt, welche Sabine benutzt hat. Das Pendel ist von einem mit Glasscheiben versehenen Kasten umgeben und kann in Bewegung gesetzt werden, ohne dass der Kasten geöffnet wird. An der gegenüber stehenden Wand, in dem angrenzenden geräumigen Kellerraum, der gleichfalls von soliden Mauern eingefasst ist, habe ich eine vortreffliche Pendeluhr von Ellicott aufstellen lassen, mit deren Schwingungen diejenigen des Pendels verglichen wurden. Zum Behufe dieser Vergleichung ist in der Wand, an welcher die Uhr hängt, ein kleines Fenster angebracht, durch welches, mittelst des Objectives eines Cometensuchers, das Bild des unteren Theils des Reversionspendels, nach der Ebene, in welcher die Spitze des Uhrpendels schwingt, übertragen wird. Zum Beobachten der Vergleichungen hat man bisher zweierlei Methoden angewandt. Man hat entweder am Anfang und am Ende einer Reihe von Pendelschwingungen die Zeitmomente einer Anzahl von Durchgängen des Pendelspitze des Apparats durch die Verticale dieses Pendels an einer Uhr beobachtet, oder auch die verschiedenen Zeitmomente notirt, wenn die Spitzen beider Pendel in demselben Momente an dem Orte vorübergehen, den sie im Zustande der Ruhe einnehmen. Bessel spricht sich in seiner Schrift: „Untersuchungen

über die Länge des einfachen Secundenpendels" (Seite 11), über die letztere Methode, wie folgt aus:

„Die Beobachtungsart der Schwingungszeit eines Pendels „durch Coincidenzen, welche, so viel ich weiss, Borda erfunden hat, ist jeder andern soweit vorzuziehen, dass es sich von selbst versteht, dass ich sie angewandt habe."

Diese Methode der Coincidenzen wurde auch von meinem Sohne, sowohl in Altona, wie in Berlin benutzt, da wir uns gleichfalls von dem Vorzuge derselben überzeugt hatten. Es verflossen hier von einer Coincidenz zur andern nahezu 7 Minuten. Der Fehler im Beobachten einer Coincidenz beträgt immer weniger als 1½ Secunden, so dass also die Vergleichung des Pendels mit der Uhr auf 0ˢ004 sicher ist. Eine so grosse Schärfe wird man nicht erreichen, wenn man auch ein Mittel aus 100 gewöhnlichen Vergleichungen nimmt. Die Bestimmung der Schwingungszeit des Pendels wird natürlich noch genauer, wenn man sich nicht damit begnügt nur zu Anfang und am Ende der Schwingungsreihe Coincidenzen zu beobachten, sondern auch die zwischenfallenden Coincidenzen mitnimmt, welche zugleich ein vortreffliches Mittel darbieten, die Genauigkeit der Vergleichungsmomente sicher zu bestimmen.

Die Coincidenzen sowohl, wie die Schwingungsweiten des Reversionspendels wurden mittelst eines Steinheil'schen Ablesefernrohrs beobachtet, welches in einer Entfernung von nahezu zwei Toisen von der Uhr aufgestellt war. Die Coincidenz-Momente und die Secundenschläge der Uhr wurden auf einem Knoblich'schen Chronographen registrirt, der in demselben Keller aufgestellt war, in welchem sich die Uhr befindet.

Die Meridiandurchgänge zu den Zeitbestimmungen wurden in einer im Garten aufgestellten transportablen Sternwarte, an einem Repsold'-'schen Universalinstrumente beobachtet, welches bereits zu den Längenverbindungen von Altona mit Schwerin und anderen Orten benutzt worden ist. Diese Durchgangsbeobachtungen wurden auf demselben Chronographen registrirt, der zu den Coincidenzbeobachtungen diente. Auf diese Weise wurde für alle Beobachtungen dieselbe Uhr benutzt, so dass keine Uhrvergleichungen erforderlich waren.

Zur Bestimmung der Temperatur des Pendels war neben demselben eine Messingstange lothrecht aufgestellt, an welcher drei Ther-

mometer befestigt waren. In der Höhe beider Schneiden des Pendels und der Mitte zwischen denselben waren kleine kupferne Gefässe an der Stange befestigt, welche diese mit einer ihrer Seitenflächen berührten. Die Gefässe waren mit Quecksilber gefüllt und darin die Kugeln der Thermometer getaucht. Die Fehler dieser Thermometer wurden vor und nach der ganzen Reihe der Versuche sorgfältig bestimmt. Die Thermometer wurden vor dem Beginne und nach dem Schlusse einer jeden Coincidenz-Reihe abgelesen.

Zur Ermittlung der Entfernung der Schneiden von einander wurde folgender Apparat verwandt. An einer senkrecht an der Mauer befestigten Messingstange von nahezu vier Fuss Länge waren zwei Microscopenträger verschiebbar augebracht. Neben dieser Stange befand sich ein Lager, in welches das Pendel eingehängt wurde, und, nachdem die Microscopenträger soweit verschoben waren, dass die Nullpuncte der daran befindlichen Micrometerapparate nahezu auf die Schneiden des Pendels gerichtet waren, die genaue Entfernung der Schneiden von den Nullpuncten gemessen. Hierauf wurde das Pendel herausgenommen und ein in Millimeter getheilter Maassstab dafür eingehängt, und die Messung an den den Nullpuncten zunächst liegenden Theilstrichen wiederholt. Die genau bekannte Entfernung dieser Theilstriche von einander ergab somit die Entfernung der Schneiden.

Diese Entfernung wurde, bei allen Stellungen der Gewichte und der Schneiden, an vier verschiedenen Stellen der Schneiden gemessen, so dass sich auch die Neigung der Schneiden gegen einander ermitteln lässt. Um den Einfluss geringer Veränderungen der Lage der Nullpuncte im Verlauf der Messung zu vermeiden, wurde jede Messung des Pendels in zwei Messungen des Maassstabes eingeschlossen. Um den Werth eines Theiles der Micrometerschraube für jede Messung richtig zu ermitteln, wurden immer bei der Messung des Maassstabes zwei Striche, deren Entfernung einen Millimeter betrug, mit jedem Micrometer eingestellt. Die Temperatur des Pendels und Maassstabes wurde auf ähnliche Weise, wie vorhin erwähnt, durch eine neben dem zu messenden Gegenstande angebrachte Messingstange, mit Quecksilbergefässen, worin Thermometer tauchten, ermittelt.

Um den bei derartigen Messungen höchst schädlichen Einfluss der Körperwärme des Beobachters zu vermeiden, war der ganze Vergleichungsapparat in einem Kasten mit Glaswänden eingeschlossen, aus dem nur die Oculare der Microscope mit den Micrometerschrauben

herausragten. Aus einem ähnlichen Grunde wurde jede künstliche Beleuchtung auf das Sorgfältigste vermieden und das zu den Messungen nothwendige Licht durch Spiegel und Linsen von den Fenstern des Zimmers erlangt.

Im Wesentlichen genau in derselben Weise wurden im November und December 1869 die Beobachtungen in Berlin wiederholt. Diese Messungen erlangten erhöhte Bedeutung durch den Umstand, dass von Herrn Prof. Foerster dasselbe Local zur Verfügung gestellt wurde, in dem Bessel seine bekannten Beobachtungen mit dem Fadenpendel angestellt hatte, und somit eine Vergleichung des Lohmeier'schen mit dem Bessel'schen Pendel stattfinden konnte. Zur Beobachtung der Coincidenzen wurde dieselbe Ellicott'sche Uhr, die in Altona benutzt war, vor dem Pendel aufgestellt. Die Zeitbestimmungen hatte Herr Romberg die Güte zu übernehmen. Dieselben wurden am grossen Martins'schen Meridiankreise angestellt, der, um den Uhrgang genauer zu ergeben, während des Verlaufes der Messungen nicht in seinen Lagern umgelegt wurde. Der Gang der vortrefflichen Pendeluhr Tiede Nr. 3 wurde durch zahlreiche Sterne, womöglich dieselben an jedem Abende bestimmt, und öftere auf galvanischem Wege erhaltene Vergleichungen mit der Ellicott'schen Uhr ergaben auch deren Gang auf hinreichend genaue Weise.

Die genaue Länge des bei beiden Beobachtungsreihen benutzten Maassstabes, sowie die Entfernung der zur Bestimmung des Werthes eines Theils der Micrometerschraube gebrauchten Striche desselben, wurde auf dem Normal-Aichungsbureau in Berlin, durch die Güte des Herrn Professors Foerster, bei verschiedenen Temperaturen, einmal im Juli und zum zweiten Male im December 1869 gemessen. Ebenso wurden daselbst die Gewichte aller einzelnen Theile des Pendels sorgfältig bestimmt.

C. A. F. Peters.

(Astron. Nachrichten Nr. 1810.)

Einige Versuche mit der Influenz-Electrisirmaschine.

(Hiezu Tafel XIX, Fig. 5.)

Bei Gelegenheit eines Besuches, womit mich Herr Professor Fellöcker aus Kremsmünster während der letzten Herbstferien erfreute, theilte mir derselbe ein Paar hübsche Versuche mit der Influenz-

Electrisirmaschine mit, welche besonders auch im Hörsaale leicht ausgeführt werden können.

1) Glasdurchbohren in Oel. In ein gewöhnliches Schoppenglas (Fig. 5, Taf. XIX) werden in die Seitenwand diametral gegenüber zwei kreisrunde Löcher gebohrt und in dieselben Korkpfropfen gesteckt, durch welche zugespitzte Messingdrähte hindurchgehen; diese Drähte endigen ausserhalb des Glases in runden Oesen, in welche Zuleitungsdrähte von den Conductoren der Influenzmaschine aus übergeleitet werden. Wird dann das Glas mit Baumöl gefüllt und bringt man zwischen die Spitzen eine Glasplatte, so schlägt jeder Funken, den man überschlagen lässt, ein ganz feines Loch in das Glas. Wendet man starke Entladungen an, so wird das Oel unter Gasentwicklung zersetzt.

2) Phosphoresciren von Kreide. Man schaltet den Henley'schen Auslader zwischen die Conductorklemmen der Maschine ein und legt auf das Tischchen ein Stück Kreide, so dass die Funken an demselben überschlagen können. Lässt man so eine Reihe von Funken durchschlagen und hält dann inne, so sieht man die Kreide mehrere Minuten lang sehr schön in blauem Lichte nachleuchten.

3) Der Rollmann'sche Versuch zur Nachahmung der Blitzröhren in Schwefelblumen (Cfr. Repertorium IV pag. 429) lässt sich leicht ausführen, wenn man zwei grössere Leydener Flaschen als Condensator benützt. Ich habe so Röhren von 6—8 Centimeter Länge erhalten. Zum Gelingen des Versuches ist aber nöthig, dass die Schwefelblumen ganz trocken seien; auch muss man beim Aufsuchen der Röhren in der Schwefelmasse vorsichtig zu Werke gehen, da dieselben ungemein leicht zerbrechlich sind. C.

Der in der physikalischen Anstalt des Herausgebers zur Herstellung kräftiger Magnete angewandte Magnetisirungstisch.

(Hiezu Tafel XIX, Figg. 1 u. 2.)

Der Herausgeber hat bereits im dritten Bande des Repertoriums Seite 382 eine Einrichtung zum Herstellen von kräftigen Magneten beschrieben. Im verflossenen Jahre wurde eine neue Vorrichtung zu diesem Zwecke angefertigt, welche auf Tafel XIX, Fig. 1 im Aufrisse und Fig. 2 im Grundrisse dargestellt ist.

Auf einem starken Tische *T T* ist eine Holzschiene *S S* aufge-

schraubt, welche in der Mitte ihrer Länge nach einen Schlitz *LO* trägt und von dem Tischplatte etwas absteht. In dem Schlitze *LO* sind zwei Bolzen beweglich, die durch Schraubenmuttern *a*, *a* festgestellt werden können; diese Bolzen laufen zugleich in Schlitzen der Schienen *M* und *N*, an deren vorderen Enden die Electromagnete *E* und *E'* angebracht sind. Es ist so leicht ersichtlich, wie die Electromagnete gegen einander beliebig verstellt und überall mittelst der Muttern *a*, *a* wieder fixirt werden können.

Damit man auch kleine Magnete herstellen kann, sind auf die Eisenkerne der Electromagnete eiserne Platten *P* und *P'* aufgesetzt, die mit ihren Kanten bis zur Berührung genähert werden können. In die Klemmen *K* und $K_,$ werden die Pole einer Bunsen'schen Batterie von 20 Elementen, zu 4.5 verbunden, eingeschaltet, die anderen Enden der Electromagnetdrähte sind durch die Klemmen $K_{,,}$ unter sich in Verbindung gesetzt. Beim Gebrauche wird noch der eiserne Anker *AA* angelegt, wie dies aus den Figuren ersichtlich ist.

Die Durchmesser der Eisenkerne der Electromagnete betragen 63^{mm}, ihre Länge 320^{mm}; darüber sind Kupferdrähte von $2{,}5^{mm}$ Dicke in vier Lagen von je 103 Windungen aufgewirbelt. Schon mit 6 Bunsen'schen Elementen kann dem Electromagneten eine Tragkraft von mehreren Centnern ertheilt werden.

Ein einfacher kleiner Polarisationsapparat.

(Hiezu Tafel XIX, Figg. 3 und 4.)

Der kleine Polarisationsapparat, welchen Tafel XIX, Figur 3 in Ansicht, Figur 4 im Querschnitte, und zwar in natürlicher Grösse, darstellt, enthält dem Wesen nach nichts Neues, zeigt aber die Phänomene in solcher Schönheit, dass er allgemeiner verbreitet zu werden verdient.

Das Messinggehäuse *G* besteht aus zwei in einander, um die gemeinsame Axe drehbaren Theilen, von denen die eine Hälfte eine Kreistheilung von 10 zu 10 Graden, die andere Hälfte einen Index trägt. In die Endplattten dieses Gehäuses sind die Rohre *R R* eingelöthet, in welchen die beiden Nicols *N*, *N'* verschiebbar sind. Das Rohr des Nicols *N* trägt eine planconvexe Sammellinse *L*, welche

ibren Focus bei O hat, wo das zu untersuchende Object mittelst der Klemmen K, K ein eingeschaltet werden kann.[1])

Das Meyerstein'sche Spectrometer.

(Hiezu Tafel XX, Figg. 2—9.)

Die Deuerlich'sche Verlagshandlung in Göttingen hatte die Güte, dem Herausgeber die zweite Auflage der Meyerstein'schen Schrift „Das Spectrometer" einzusenden. Der erste Theil derselben behandelt die Einrichtung desselben zur Bestimmung der Brechungs- und Zerstreuungs-Verhältnisse verschiedener Medien. Da das Instrument nach dieser Richtung hin bereits im I. Bande des Repertoriums von Herrn E. Voit besprochen wurde, so begnügten wir uns auf Tafel XX, Figg. 2 und 3, die Meyerstein'sche Originalzeichnung zu copiren.

Das Instrument kann auch als Goniometer gebraucht werden und hat Herr Meyerstein zu diesem Zwecke zwei Krystallhalter construirt, die er selbst folgendermaassen beschreibt:

Die Construction des einen Krystallhalters ist folgende. An dem Zapfen z Fig. 4 und 5 Taf. XX ist der rechtwinkelige Bügel aa befestigt, durch welchen bei bb ein Stahlcylinder sich schieben lässt, an dessen einem Ende ein Schraubengewinde nebst Mutter und an dessen anderem Ende ein Knopf befestigt ist. Zwischen dem Knopfe und der äussersten Fläche des Bügels ist über den Stahlcylinder eine Spiralfeder geschoben. Fest auf dem Stahlcylinder sitzt das Stück f, welches Fig. 5 von der Seite zeigt. Dieses Stück ist ebenfalls, sowie der eben bezeichnete Bügel mit einem Stahlcylinder, Spiralfeder und Mutter versehen. Auf diesem Stahlcylinder ist das Stück g Fig. 5 befestigt, welches den Krystall tragen soll.

Zu diesem Zweck wird der Krystall auf den kleinen Sattel gekittet, welcher mit dem dünnen Stift x in g gesteckt und durch eine Klemmschraube festgehalten wird. Durch die Schraubenmuttern m und m' lässt sich nun der Krystall in zwei gegen einander senkrechte Richtungen bringen, wodurch man denselben in die Drehungsaxe des Kreises bringen kann. Durch die Schraube o, welche sich gegen die äussere Fläche des unteren Bügels stützt, auf dessen ent-

1) Der Apparat kann durch die physikalische Anstalt des Herausgebers bezogen werden.



gegengesetzte Fläche die bei p befestigte Feder wirkt, sowie durch die Schraube q, welche ebenfalls durch die Feder r einen Gegendruck erhält, kann man die Kanten des Krystalles parallel zur Drehungsaxe des Kreises stellen, indem die Schrauben o und g zwei Hebelarme bewegen, welche senkrecht gegen einander stehen. Um diese Einstellung mit Leichtigkeit machen zu können, sitzt bei t ein beweglicher Arm von Stahl, welcher in der Weise berichtigt sein muss, dass dessen obere Kante u durch die Mitte des Kreises geht und parallel mit der Axe desselben ist. Durch blosses mechanisches Anlegen dieser Kante u an den Krystall kann man diese näherungsweise orientiren, um sodann die genaue Berichtigung seiner Stellung auf optischem Wege zu vollenden. Hiezu, sowie zu der folgenden Messung des Winkels legt man den Arm u, der um die Schraube bei k drehbar ist, um, bringt das Beobachtungsrohr in das Lager L'' und corrigirt an den Schrauben o und g so lange, bis man durch Drehung des Kreises die Spiegelbilder eines beliebigen Objectes von beiden zu messenden Flächen mit dem Fadenkreuze des Fernrohres zur Deckung bringen kann. Die Wahl dieses Objectes hängt von der Güte der Krystallflächen ab.

Der zweite Krystallhalter hat die folgende Einrichtung. Mit dem Zapfen, welcher in die Mitte des Kreises gesteckt wird, ist ein prismatischer Schlitten A Figg. 6 und 7 fest verbunden, in welchem sich ein Schieber durch eine Micrometerschraube bewegen lässt.

Senkrecht gegen diese Bewegung ist ein eben solcher Schlitten wie A, durch Schrauben mit dem Schieber B verbunden, in welchem ebenfalls ein Schieber B' wie in A durch eine Micrometerschraube M' Fig. 6 bewegt werden kann. Auf diesem zweiten Schieber B' ist eine längliche Platte von Messing D Fig. 7 befestigt, an deren einem Ende die Theile eines Charniers sich befinden, zwischen welche der an dem Kreuze E Fig. 7 befindliche Charniertheil passt. Dem Charniere gegenüber Figg. 6 und 7 geht eine Micrometerschraube glatt durch das Kreuz und schraubt sich in die Platte, welche auf dem Schieber B' Fig. 7 befestigt ist. Zwischen der Platte und dem Kreuze ist eine Feder angebracht, welche gegen das Kreuz wirkt. Ganz dieselbe Einrichtung, wie oben beschrieben, befindet sich senkrecht gegen diese an dem Kreuze. In der Mitte der Platte r ist ein kleiner, hohler Cylinder H' befestigt, in dessen Oeffnung sich ein cylindrischer Zapfen senkrecht verschieben lässt, welcher an seinem oberen Ende in einem kleinen gerieften Plättchen

zur Aufnahme und Befestigung des Krystalles, versehen ist. Auch dieser Apparat ist mit einem solchen Arme zur näherungsweisen Centrirung des Krystalles versehen, wie er bei dem vorhergehenden Apparate beschrieben ist.

Auch zu Untersuchungen über die Reflexion des polarisirten Lichtes ist das Instrument eingerichtet und zu diesem Behufe das in Fig. 8 und 9 dargestellte Rohr beigegeben. Fig. 1 Tafel XXI zeigt, wie das Instrument für die Reflexion an der freien Oberfläche von Flüssigkeiten aufgestellt wird. In Bezug auf die Details hierüber möge die Meyerstein'sche Schrift selbst nachgesehen werden.

Hipp's Anemometer.

Herr Dr. C. Jelinek zeigte im Namen der Adria-Commission der Wiener Academie einen von Hipp in Neuchatel construirten und für die Station Lesina bestimmten Anemometer vor. Derselbe registrirt auf electrischem Wege. Sowohl der recipirende Theil (ein Robinson'sches Schalenkreuz) als der eigentliche Registrir-Apparat waren im Sitzungssaale angebracht und wurde der Apparat durch eine von Herrn kais. Rathe Telegraphen-Inspector Dr. H. Militzer gütigst dargeliehene Batterie in Gang gesetzt.

Die Entfernung der Mittelpuncte der Schalen beträgt 53 Centimeter; jedesmal wenn der Wind einen Weg von 50 Metern zurückgelegt hat, wird der Strom geschlossen und der Anker des Electromagnets schiebt einen leichten Schlitten, der einen Bleistift trägt, um 0·6 Millimeter vor. Das bandförmige, etwa 13 Centimeter breite Papier wird in verticaler Richtung von oben nach abwärts durch die Uhr abgewickelt, so dass eine Stunde ungefähr einem Raume von 1 Centimeter in verticalem Sinne entspricht.

Am Ende jeder Stunde bewirkt die Uhr eine Auslösung, durch welche der Zeichenstift zu seinem Ausgangspuncte zurückgeführt wird.

Eine zweite Auslösung bewirkt dasselbe, wenn bei heftigerem Winde die Bewegung der Luftmasse in einer Stunde 10 Kilometer überschreitet.

Dem Hipp'schen Apparate eigenthümlich ist eine Vorrichtung, durch welche der electrische Strom, sobald ein Schluss erfolgt ist, wieder unterbrochen wird. Auf diese Art wird vermieden, dass die

Batterie umsonst abgenützt werde, wenn zufällig bei eintretender Windstille das Schalenkreuz in einer solchen Position stehen geblieben ist, in welcher ein Contact erfolgt.

Eine zweite Eigenthümlichkeit des Apparates ist die demselben beigegebene electrische Uhr, bei welcher der Strom nicht bei jeder Pendelschwingung, sondern nur dann geschlossen wird, wenn die Elongation des Pendels auf ein gewisses Minimum herabgesunken ist. Auf diese Art kann der Widerstand, den die Uhr zu überwinden hat, ein wechselnder sein, ohne dass die Uhr zum Stehen gebracht wird. Im Falle die Arbeit, welche die Uhr zu verrichten hat, zunimmt, wird eben der Strom öfter geschlossen und das Pendel erhält häufigere Impulse.

Zunächst ist der Hipp'sche Anemometer bestimmt, bei der martimen Exposition in Neapel unter anderen Ausstellungs-Objecten von Seite der Adria-Commission ausgestellt zu werden.

Register.

Die Zahlenangaben bedeuten Seitenzahlen.

Druck von C. R. Schurich in München.

